DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER MITWIRKUNG VON

J. BARTELS E. BEDERKE H. BROCKMANN P. TEN BRUGGENCATE C. W. CORRENS H. v. FICKER R. GRAMMEL O. HAHN R. HARDER M. HARTMANN W. HEISENBERG A. KÜHN M. v. LAUE H. MARTIUS R. W. POHL H. REIN E. SCHMIDT

HERAUSGEGEBEN VON

ARNOLD EUCKEN

SPRINGER-VERLAG IN BERLIN UND GÖTTINGEN

34. JAHRGANG | HEFT 7 (193—224) | 1947

INHALT:

Zur Erinnerung an Otto v. Baeyer. Von G. Hettner und O. Hahn 193

Die Kurzwellenstrahlung der Milchstraße, der Sonne und des Mondes. Von A. Unsöld . . 194

Thermische Eigenschaften des Polarsommers, besonders auf Spitzbergen. Von L. Mecking . 201

Hydrophysiologie. Von O. Harnisch 207

Kurze Originalmitteilungen.

Bestimmung von Übergangswahrscheinlichkeiten für strahlende und strahlungslose Prozesse in Kristallen. Von K. H. Hellwege 212

Zu den optischen und elektrischen Eigenschaften von Kadmiumsulfid. Von J. Faßbender . . 212

Der Temperaturgradient an der Erdoberfläche und die radioaktive Wärmeerzeugung in der Erdkruste. Von K. Jung 213

Der Argongehalt kalihaltiger Minerale und die Frage des dualen Zerfalls von K^{40}. Von P. Harteck und H. Suess 214

Zur Kenntnis der Molybdänoxyde und des Molybdänblau. Von O. Glemser und G. Lutz . . . 215

Erwiderung auf: J. Willems und A. Giltges „Über orientierte Aufwachsungen von hexasubstituierten Benzolderivaten auf organischen Trägergittern". Von A. Neuhaus 215

Stellungnahme zu der voranstehenden Erwiderung von A. Neuhaus. Von J. Willems und A. Giltges 216

Über metallorganische Komplexverbindungen. Von G. Wittig und G. Keicher 216

Versuche zur Reindarstellung einer Kartoffelphosphatase. Von G. Schramm und H. Flammersfeld . 216

Grüngefärbte menschliche und tierische Haare. Von A. Schöberl 217

Beeinflussung des Tuberkulosewachstums durch Quarzstaub. Von L. Holzapfel 218

Biologischer Abbau der Graphitsäure. Von H. Thiele 218

Oberflächenspannung und fungicide bzw. bakterieide Wirkung. Von H. Engelhard, O. Müller und K. Bertl 218

Besprechungen.

W. Schlink, Technische Statik. (Ref.: H. Kauderer) 219

E. Schrödinger, What is Life. (Ref.: H. Brockmann) 220

Wood, Alan Tom Barnard, Ophthalmidium: A Study of Nomenclature, Variation, and Evolution in the Foraminifera. (Ref.: H. Hiltermann) 220

Berichte.

Rheologie und Strukturmechanik. Von H. Umstätter 221

Südafrikas Primatenfunde. Von E. Hennig 224

Ausgegeben im April 1948.

Zeitschrift für analytische Chemie

Begründet von **Remigius Fresenius** · Herausgegeben von **A. Kurtenacker**

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften, die zu Bänden von etwa 30 bis 40 Bogen vereinigt werden.

Vor kurzem erschien: **128. Band. Erstes Heft.** Mit 24 Abbildungen im Text. 98 Seiten. 1947. RM 6,60

Inhaltsverzeichnis:

Neue colorimetrische Kaliumbestimmung mit Dipikrylamin. Von **Wilhelm Köhn.** - Ein Verfahren zur Bestimmung von Sulfoxylat, Bisulfit, Thiosulfat und von Polythionat nebeneinander. Von **Margot Goehring.** - Chlorbestimmung in Brom durch Gefrierpunktsermittlung. Von **Peter Wulff †.** - Über die Chlorbestimmung im Brom. Von **Hans Lapp** und **Hermann Reimers.** - Neues Verfahren zur titrimetrischen Bestimmung des Mangan II- und des Cadmium-Ions. Von **Hugo Krause.** - Über eine Methode zur Bestimmung von asymmetrischen Trinitroverbindungen im Rohtritol und gereinigtem Tritol auf colorimetrischem Wege. Von **Georg Halfter.** - Beitrag zur Bestimmung oxydischer Einschlüsse im Stahl. Von **Herbert Henkel.** - Polarographische Kupfer-, Zink- und Manganbestimmung in Aluminium- und Zinklegierungen. Von **M. Spálenka.** - Hochempfindliche Versuchsanordnung zur Beobachtung qualitativer Reaktionen. Von **Georg Skalos.** - Eine spektrophotometrische Methode zur Analyse von Vitamin B_1 mit p-Acetyl-phenyldiazoniumchlorid in pharmazeutischen Präparaten. Von **Mario Lodi** - Bemerkungen zu den Reaktionen mit Quecksilberrhodanid-Ion. Von **Woldemar Stahl** und **Martin Straumanis.** - Mikrobestimmung des Schwefels im organischen Molekül nach dem Hydrierungs-Verfahren. I. Mitteilung. Von **Ion Irimescu** und **Eugenia Chirnoagă.**

J. F. BERGMANN MÜNCHEN · SPRINGER-VERLAG BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen vorerst etwa halbmonatlich und können durch jede Sortimentsbuchhandlung bezogen werden. Preis für 12 Hefte mit zusammen etwa 24 Druckbogen RM 24.—, für das einzelne Heft RM 2.50 zuzüglich Postgebühren.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden vom Springer-Verlag, Berlin-Charlottenburg 2, Jebensstraße 1, angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag

Berlin-Charlottenburg 2 Jebensstraße 1 — **Göttingen** Weender Straße 60

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichungen zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „K.O.M." („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platz- und Papiermangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne K.O.M. nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden

3. Autoren, namentlich solche, welchen die Gepflogenheiten bei Veröffentlichungen in den „Naturwissenschaften" noch nicht bekannt sind, werden gebeten, in die ausführlichere Darstellung der allgemeinen redaktionellen Richtlinien Einblick zu nehmen, welche in Heft 1 des vorangehenden Jahrgangs abgedruckt sind. Ergänzend sei hier bemerkt, daß die Rubrik „Tagesnotizen" in Zukunft nicht fortgeführt wird, daß also Einsendungen für diese zwecklos sind

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,

(20b) Göttingen, Bürgerstraße 50.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Bei photographischen Abbildungen (Autotypien) kann das Druckergebnis auf dem heute zur Verfügung stehenden Papier nur in seltenen Fällen wirklich befriedigen. Es ist deshalb ratsam, Autotypien nach Möglichkeit zu vermeiden. In vielen Fällen läßt sich das Wesentliche durch eine Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren erhalten in jedem Fall eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung (mit einem Vermerk, ob der Beitrag druckfertig oder eine Revision erforderlich ist) erbeten wird.

PIEZOELEKTRISCHE QUARZKRISTALLE

für Wissenschaft und Technik

MESSGERÄTE

für die Hoch- und Niederfrequenztechnik

HE

HEINZ EVERTZ *Piezoelektrische Werkstätte* Stockdorf bei München

Gautinger Straße 3 · Telefon Nr. 89477

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

34. Jahrgang Heft 7*) 1947

Zur Erinnerung an Otto v. Baeyer.

Innerhalb der Gruppe derjenigen Forscher, die während des ersten Viertels dieses Jahrhunderts Wesentliches zu dem erstaunlichen Gesamtfortschritt der Physik beitrugen, nimmt Otto v. Baeyer einen ehrenvollen Platz ein. Da aber sein Name und seine Verdienste in weiten Kreisen der Nichtphysiker beinahe unbekannt geblieben sind, versuchen die nachfolgenden Zeilen ein skizzenhaftes Bild seines Schaffens und seiner Persönlichkeit zu vermitteln, das vielleicht auch seinen Freunden und engeren Fachgenossen willkommen sein wird, um die Erinnerung an ihn lebendig zu erhalten.

Otto v. Baeyer wurde als Sohn des berühmten Chemikers Adolf v. Baeyer am 12. September 1877 in Reichenhall geboren. Er studierte in München und Leipzig und promovierte 1905 zum Dr. phil. an der Universität Leipzig bei O. Wiener mit einer Arbeit über „Absorption elektrischer Schwingungen von 70 cm Wellenlänge". Er wurde Assistent bei H. Rubens am Physikalischen Institut der Universität Berlin, habilitierte sich dort 1908 für Physik und erhielt 1910 den Professortitel. Im ersten Weltkrieg war er im Felde bei einem Gaspionier-Regiment, später bei einem Schallmeßtrupp. 1921 wurde Baeyer als Nachfolger von E. Regener zum ordentlichen Professor der Physik an der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin ernannt, wo er 18 Jahre wirkte. Kurz vor dem zweiten Weltkrieg wurde er bei der Eingliederung der Landwirtschaftlichen Hochschule in die Universität Berlin „aus Ersparnisgründen" entlassen. Darauf siedelte er in die Nähe von München, der Heimat seiner Familie, über. Im Herbst 1945 begann er zu kränkeln und lag längere Zeit im Krankenhaus. Nach einer scheinbaren Erholung starb er am 15. August 1946 im Krankenhaus Tutzing.

Baeyers Arbeiten betreffen verschiedene Gebiete der Physik. In den ersten Jahren nach seiner Promotion, 1906 bis 1909, beschäftigte er sich an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, zum Teil in Gemeinschaft mit E. Gehrcke, mit der Untersuchung der „Trabanten" feinster Spektrallinien, wir würden heute sagen mit Hyperfeinstrukturuntersuchungen. Die spektrale Zerlegung geschah mit gekreuzten Lummer-Platten. Diese Methode wurde sowohl experimentell wie theoretisch-kritisch behandelt; mit großer Sorgfalt wurde die Unterscheidung zwischen reellen Komponenten und „Geistern" vorgenommen. Dieses Gebiet ist zweifellos durch die Arbeiten Baeyers wesentlich gefördert worden.

An der Universität Berlin ging Baeyer zur Untersuchung langsamer Kathodenstrahlen über. Er klärte den wesentlichen Einfluß der Sekundärelektronen auf die Messungen der Geschwindigkeitsverteilung auf, stellte homogene Strahlen her, studierte die untere Grenze der Ionisation, ferner in Gemeinschaft mit Gehrts und Tool die Anfangsgeschwindigkeit lichtelektrisch ausgelöster Elektronen und den Einfluß von Oberflächenschichten auf deren Messung.

Teilweise schon gleichzeitig mit diesen Arbeiten nimmt Baeyer zusammen mit Otto Hahn und Lise Meitner ein wichtiges, damals völlig neues Arbeitsgebiet auf: die Untersuchung von magnetischen β-Strahlspektren radioaktiver Substanzen. Diese Arbeiten liefen von 1910 bis 1915 und müssen als Pionierarbeiten bezeichnet werden, die die erste Aufklärung über die teilweise kontinuierliche, teilweise diskrete Natur der β-Strahlspektren gebracht haben.

Aus dem Jahre 1910 ist ein weiterer Erfolg zu berichten: die Erzeugung und der Nachweis kürzester elektrischer Wellen. Die Wellenlänge betrug nur 2 mm, damals ein großer Fortschritt. Leider hat Baeyer hierüber niemals berichtet, in der Literatur findet sich nur der Hinweis auf einen Vortrag in der Berliner Physikalischen Gesellschaft über seine Versuche. Diese Beschäftigung mit den kürzesten elektrischen Wellen steht wohl im Zusammenhang mit den beiden Arbeiten über die damals längsten ultraroten Wellen, zu denen ihn H. Rubens heranzog. In gemeinschaftlicher Arbeit von Rubens und Baeyer geschah die Entdeckung und erste Untersuchung der langwelligen Emission der Quarz-Quecksilberdampflampe, worüber Baeyer selbst in dem Rubensheft der „Naturwissenschaften" erzählt. Es wurden von den beiden Forschern die verschiedensten Strahlungsquellen auf langwellige Emission durchprobiert, zunächst stets mit negativem Ergebnis. Schließlich sollte noch eine Quarz-Quecksilberlampe untersucht werden. Baeyer fährt dann fort: „Rubens hatte kein rechtes Zutrauen mehr auf einen Glückstreffer. Er ließ mich den Versuch ausführen und verschwand in das Schreibzimmer." Nachdem Baeyer die gesuchte Strahlung aufgefunden hatte, begab er sich ebenfalls in das Schreibzimmer, „wo mich Rubens mit freundlichem, aber spöttischem Lächeln fragt: ‚Nun, sind's 100 Skalenteile?' Worauf ich in gewohnter Ruhe antwortete: ‚Nein, aber 20!'"

Nach einer sehr interessanten Arbeit über die Glimmlampe als Zählkammer, gemeinsam mit Kutzner, aus dem Jahre 1924 beschäftigte sich Baeyer in den folgenden Jahren mit dem Gedanken, die Michelsonsche Methode der interferometrischen Messung von Sterndurchmessern auf ultramikroskopische Teilchen zu übertragen und mit der praktischen Durchführung dieses Gedankens, zu der er seinen Schüler und Mitarbeiter U. Gerhardt anregte. Es wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Schmidt und Haensch ein Zusatzgerät zum Ultramikroskop entwickelt, mit dem die Durchmesser von Teilchen bis herunter zu etwa 150 μ gemessen werden können.

Noch viele Arbeiten aus Baeyers späterer Zeit wären anzuführen, die von ihm angeregt oder kontrolliert wurden, in denen er aber seinen Namen nicht nennen ließ. Diese fast übertriebene Zurückhaltung zeigte sich z. B. auch bei größeren Veranstaltungen, in denen er sich niemals zu den „Bonzen" setzte, sondern fast unsichtbar im Hintergrund blieb.

Im wissenschaftlichen Gespräch zeichnete sich Baeyer durch überraschende Literaturkenntnis aus und konnte oft denen, die seinen wissenschaftlichen Rat suchten, Auskünfte geben, zu denen andere nur auf ihrem speziellen Arbeitsgebiet imstande gewesen wären.

*) *Ausgegeben im April 1948.*

Wie bei seinen Arbeiten, so war Baeyer auch im persönlichen Leben von einer besonderen Gewissenhaftigkeit und Geradheit. Dazu war er von einer Herzensgüte, wie sie selten zu finden ist. Wer ihn um eine Gefälligkeit bitten wollte, konnte immer auf Verständnis und Entgegenkommen rechnen. Für sich selbst war er von einer Bedürfnislosigkeit, die kaum übertroffen werden kann.

G. Hettner.

Als langjährigem Freund Otto v. Baeyers sei es mir erlaubt, den Ausführungen des Herrn Hettner noch ein paar persönliche Erinnerungen hinzuzufügen.

Besonders deutlich tritt mir dabei die Zeit vor Augen, als wir gemeinschaftlich zum ersten Male die Linienspektren β-strahlender Elemente nachwiesen und damit eine Arbeitsrichtung angriffen, die dann in Gemeinschaft mit Lise Meitner zu einer ganzen Reihe von Untersuchungen über die β-Spektren der Thorium-, Radium- und Aktiniumprodukte geführt hat. Wie so oft bei wissenschaftlichen Untersuchungen war der Anlaß zu dieser Arbeitsrichtung eine irrtümliche Annahme. Zusammen mit Lise Meitner hatte ich im Chemischen Institut der Berliner Universität eine systematische Untersuchung der Absorptionskurven β-strahlender Elemente durchgeführt. Wir fanden eine Anzahl β-strahlender Atomarten, die vorher als „strahlenlos" angesehen worden waren. Bei unserer sehr einfachen Meßweise in β-Elektroskopen glaubten wir nachgewiesen zu haben, daß die Absorption der β-Strahlen der einzelnen Elemente streng nach einem Exponentialgesetz erfolge, und wenn dies nicht der Fall war, schlossen wir auf das Vorliegen mehrerer Elemente. Um diese Ansicht zu bestätigen, verabredeten wir mit Otto v. Baeyer, daß er im physikalischen Institut, etwa in der Art, wie Rutherford vorher die α-Strahlen radioaktiver Elemente untersucht hatte, nunmehr die β-Strahlen untersuchen solle. Die β-strahlende Substanz wurde in unsichtbarer oder möglichst dünner Schicht auf dünnen Drähtchen niedergeschlagen und dann in einem geeigneten Magnetfelde die durch eine Blende gegangenen Strahlenteilchen photographisch nachgewiesen. Bei dem aktiven Niederschlag des Thoriums hatten Lise Meitner und ich bei dem damals als ThA (heute ThB) bezeichneten Produkt eine weiche β-Strahlung gefunden, gegenüber den sehr viel durchdringenderen β-Teilchen des ThB (heute ThC). Wir erwarteten also ein Spektrum mit zwei verschiedenen, weit getrennten Linien. Das Ergebnis war genau das erwartete. Zwei, und nur zwei Linien wurden gefunden. Unsere Annahme über die Homogenität der β-Strahlen der einzelnen Elemente schien bestätigt.

Die Freude währte aber nicht lange. Als wir das von uns als eine einheitliche Atomart erkannte Mesothor 2 in der gleichen Weise untersuchten, fand Baeyer nicht eine, sondern eine ganze Anzahl scharfer Linien mit einem ganz erheblichen Geschwindigkeitsbereich. Ebenso verhielt es sich mit den anderen Substanzen, die wir prüften. Und als uns aus stärkeren Radiothorpräparaten auch stärkere ThB-Präparate zugänglich waren, zeigte auch das ThB mehr Linien. Wir hatten ursprünglich nur die beiden stärksten Linien nachgewiesen.

Unsere Hypothese über die einheitlichen β-Strahlen einheitlicher Atomarten war also falsch. Aber sie hatte zu einer neuen Arbeitsrichtung geführt, die sich im Laufe der Jahre, später vor allem durch Lise Meitner und C. D. Ellis, als sehr fruchtbar erwies. Bei den in Gemeinschaft mit O. v. Baeyer durchgeführten Untersuchungen wurde auch schon der Unterschied zwischen den kontinuierlichen Spektren primärer Strahlen gegenüber den Linienspektren der durch die γ-Strahlen in der Elektronenhülle ausgelösten Sekundärelektronen beobachtet. (Diese Rolle der γ-Strahlen für die Entstehung der Linienspektren wurde von Lise Meitner gegenüber ursprünglich anderen Meinungen der englischen Physiker klar erkannt und ausgesprochen.)

Gegenüber den scharfen Linien beim ThB, RaB, Mesothor 2 fand Baeyer beim RaE immer nur ein breites verwaschenes Band. Auch bei Verwendung ebenso dünner Schichten wie bei den kurzlebigen aktiven Niederschlägen wurden beim RaE niemals Linien gefunden. Hier liegen also Kern-β-Strahlen vor.

Die glückliche Gemeinschaftsarbeit mit O. v. Baeyer wurde jahrelang fortgesetzt. Sie wurde erst aufgegeben, als wir durch Übersiedlung in das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie nach Dahlem räumlich weiter voneinander getrennt wurden. Otto v. Baeyer wandte sich dann wieder seinen anderen Arbeitsrichtungen zu. Das enge Freundschaftsverhältnis blieb aber bestehen und hat sich bis in die letzen Lebensjahre Baeyers erhalten.

In der großen Baeyerschen Familie und bei seinen Freunden war er der gütige „Onkel Otto", der im Stillen vielen Menschen beigestanden hat und dessen Rat der eines wirklichen Helfers war. Die nicht sehr Vielen, denen er sich freundschaftlich erschloß, werden die Stunden köstlicher, froher Geselligkeit nie aus der Erinnerung verlieren; und die physikalische Forschung wird ihm die Anerkennung nicht versagen, die er auf so manchen ihrer Gebiete in gründlicher Arbeit verdient hat.

Otto Hahn.

Eingegangen am 8. November 1947.

Die Kurzwellenstrahlung der Milchstraße, der Sonne und des Mondes.

Von A. Unsöld, Kiel.

Seit den grundlegenden Arbeiten von K. G. Jansky (22) (1932) wissen wir, daß die Milchstraße im Gebiet der Meterwellen eine Strahlung aussendet, die nach L. G. Henyey und P. C. Keenan (18) auf die freien Elektronen des größtenteils aus ionisiertem Wasserstoff bestehenden interstellaren Gases zurückgeführt werden kann.

Während des Krieges entdeckten Beobachter an Funkmeß-(Radar-)Empfangsgeräten, daß auch die Sonne eine Kurzwellenstrahlung emittiert, deren weitere Untersuchung der Sonnenforschung ganz neue Wege erschließt.

1946 endlich haben R. H. Dicke und R. Beringer (8) noch die Strahlung des Mondes im Zentimeterwellengebiet nachgewiesen.

Die enormen Möglichkeiten, welche der Astronomie dank der Erschließung des „Spektralbereiches" von etwa $\lambda = 1$ cm bis $\lambda = 15$ m (längere Wellen werden von der Ionosphäre nicht durchgelassen) durch die moderne Kurzwellentechnik eröffnet werden

und die großen Erfolge, die innerhalb der letzten drei Jahre auf diesem Gebiet erzielt worden sind, lassen es gerechtfertigt erscheinen, im Anschluß an den 1944 abgeschlossenen Bericht des Verfassers[1]) (46) nochmals ausführlich darauf zurückzukommen.

Zur Bequemlichkeit des Lesers seien zunächst einige im folgenden immer wieder auftretende Grundbegriffe nochmals kurz zusammengestellt.

1. Grundbegriffe und Definitionen.

Das Spektralgebiet, mit dem wir uns beschäftigen, erstreckt sich über die

$$\left.\begin{array}{lllll} \text{Wellenlängen} & \lambda: & 10\,\text{m} & 1\,\text{m} & 10\,\text{cm} \quad 1\,\text{cm} \\ \text{bzw.} & & & & \\ \text{Frequenzen} & \nu = c/\lambda: & 30 & 300 & 3\,000 \quad 30\,000\,\text{MHz} \end{array}\right\} \quad (1)$$

$c = 3.10^{10}$ cm/sec bedeutet dabei die Lichtgeschwindigkeit. Die Frequenzeinheit 1 MHz (Megahertz) bzw. — in der englischen Literatur — 1 Mc/sec (Megacycle per sec) entspricht bekanntlich 10^6 Schwingungen pro sec.

Sodann wollen wir kurz die Bündelung solcher Wellen, d. h. die Begrenzung des Winkel-Auflösungsvermögens eines Empfangssystems durch Beugungseffekte betrachten. Es ist dabei ziemlich gleichgültig, ob die Bündelung — wie das im Zentimeter- und Dezimetergebiet häufig geschieht — durch einen Hohlspiegel oder — im Metergebiet — durch ein Aggregat von Dipolen erfolgt. Hat das kreisförmig begrenzte System (z. B. der Spiegel) einen Durchmesser $2\,A$, so ist nach einer bekannten Formel der Optik der Winkelabstand zwischen Hauptmaximum und erstem Beugungsminimum

$$\varrho = 1.22\frac{\lambda}{2\,A}\ \text{bzw.}\ 70\frac{\lambda}{2\,A}\ \text{Grad} \qquad (2)$$

Wollte man z. B. eine Auflösungsgrenze von ¼ Grad (entsprechend dem Radius der Sonne oder des Mondes) erreichen, so müßte bei $\lambda = 10$ cm ein Spiegel oder Antennensystem von 28 m Durchmesser angewandt werden!

Die Intensität I_ν der Kurzwellenstrahlung können wir in den bekannten C.G.S.-Einheiten messen: Senkrecht durch das betrachtete Strahlenbündel legen wir ein Flächenelement und fragen, wieviel Erg pro cm² und sec sowie pro Fresquenzintervall 1 und pro Raumwinkel 1 hindurchgehen. Statt I_ν in dieser Weise anzugeben, ist vielfach bequemer und anschaulicher die Bezugnahme auf die Intensität der Hohlraumstrahlung $B_\nu(T)$. Die absolute Temperatur T, für welche $I_\nu = B_\nu(T)$ ist, bezeichnet man kurz als die Temperatur der Strahlung der Frequenz ν. Nach dem Planckschen Strahlungsgesetz wird (h bedeutet die Plancksche, k die Boltzmannsche Konstante):

$$B_\nu(T) = \frac{2\,h\,\nu^3}{c^2}\cdot\frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}\,. \qquad (3)$$

Bei unseren Anwendungen ist stets $\frac{h\nu}{kT} \ll 1$; es genügt daher die Rayleigh-Jeanssche Näherung, das Strahlungsgesetz der klassischen Theorie

$$B_\nu(T) = \frac{2\,\nu^2}{c^2}\cdot k\,T = \frac{2\,k\,T}{\lambda^2}\,. \qquad (4)$$

Als Grundlage der Messung von T (vgl. 14) dient meist die Formel von H. Nyquist:

$$\overline{E^2} = 4\,kT\cdot R\cdot\Delta\nu\,. \qquad (5)$$

welche den quadratischen Mittelwert der Rauschspannung $\overline{E^2}$ eines Ohmschen Widerstandes R für das Frequenzintervall $\Delta\nu$ angibt. Bezüglich technischer Einzelheiten, insbesondere der Berücksichtigung des Bündelungsfaktors der Antenne, muß auf die Hochfrequenzliteratur (z. B. 14) verwiesen werden.

Die Hauptschwierigkeiten der Erforschung der kosmischen Kurzwellenstrahlungen liegen einmal in der absoluten Eichung der „Rausch"temperaturskala der Apparaturen. Meßfehler von ± 50% in dieser Hinsicht dürften z. Zt. noch häufig vorkommen. Zum anderen bietet erhebliche Schwierigkeit die Erreichung eines befriedigenden Winkelauflösungsvermögens, da nach Gl. (2) die erforderlichen Spiegel oder Antennensysteme recht erhebliche Dimensionen bekommen und damit schwerfällig und teuer werden.

2. Die Kurzwellenstrahlung der Milchstraße.

Um die mannigfaltigen neueren Beobachtungen auf diesem Gebiet übersichtlich darstellen zu können, schicken wir eine kurze Zusammenfassung der Theorie von L. G. Henyey und P. C. Keenan (18; 46) voraus.

Wie die Beobachtung interstellarer Absorptionslinien und weitverbreiteter Gebiete mit Emission der Wasserstofflinie H_α zeigt, ist unser Milchstraßensystem erfüllt von einem größtenteils aus Wasserstoff bestehenden interstellaren Gas, das über große Bereiche durch die Strahlung der heißen Sterne ionisiert wird.[2]) Den Übergängen zwischen zwei Hyperbelbahnen, welche die freien Elektronen im Felde der Protonen ausführen (frei-frei-Übergänge), entspricht ein wirksamer Absorptionskoeffizient (I; Gl. 4 bis 8)

$$\varkappa'_\nu = N_e N_i \frac{16\,\pi\,e^6 Z^2}{3\,c\cdot(2\,\pi\,m\,k\,T)^{\frac{3}{2}}}\cdot\frac{1}{\nu^2}\left\{\ln\frac{4\,kT}{h\,\nu} - 0.577\right\} \qquad (6)$$

Dabei bedeuten N_e die Zahl der Elektronen pro cm³; N_i die entsprechende Anzahl der Ionen mit der Kernladungszahl Z. e bzw. m ist die Ladung und Masse der Elektronen, T die Temperatur, welche ihre Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung charakterisiert („Elektronentemperatur").

Der Faktor {....} rechts verändert sich so langsam, daß wir seine Variation häufig ignorieren dürfen. Bei der Ableitung unserer Gl. (6) wurde — wie gesagt — vorausgesetzt, daß die Elektronen eine Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der Temperatur T haben (die für die übrigen Partikel und das Strahlungsfeld nicht dieselbe zu sein braucht). Weiterhin ist schon berücksichtigt, daß der übliche Absorptionskoeffizient $\varkappa_\nu$ zur Berücksichtigung der erzwungenen Emissionsprozesse mit einem Faktor $\approx \frac{h\,\nu}{k\,T}$ (solange dieser $\ll 1$ ist) multipliziert werden muß.

In einer kürzlich erschienenen Note hat der russische Astrophysiker J. S. Shklovsky (40b) die Behauptung aufgestellt, neben den frei-frei-Übergängen sei noch eine „gewöhnliche Absorption der Radiowellen infolge gedämpfter Schwingungen von Elektronen" zu berücksichtigen. Tatsächlich handelt es sich bei ihm im wesentlichen nur um eine klassische Berechnung des oben betrachteten Mechanismus. Berücksichtigt man, daß in Shklovsky's erster Formel der Nenner des letzten Bruches — nach Verbesserung eines Druckfehlers und Streichen des unwesentlichen Dämpfungsgliedes — gleich $4\,\pi^2\,\nu^2$ ist, so unterscheidet sich seine Formel von unserer nur durch einen zusätzlichen Zahlenfaktor $\frac{3\,\pi}{8} = 1.18$ und dadurch, daß unsere {...} bei ihm ersetzt ist durch $\ln\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{kT}{e^2\,N_e k}\right)$. Insge-

[1]) Im folgenden zitiert als I.

[2]) Eine zusammenfassende Darstellung gibt O. Struve (42).

samt wird das Verhältnis der $\varkappa'_\nu$ (Shklovsky/Unsöld) z. B. für $N_e = N_i = 1$; $T = 10^4$ Grad; $\lambda = 10$ m (Milchstraße) gleich 1.14 und für

$N_e = N_i = 3 \cdot 10^8$; $T = 10^6$ Grad; $\lambda = 1$ m (Sonnenkorona) gleich 0.88.

Über diese kleinen Unterschiede, die anscheinend mit der Art der Approximation zusammenhängen (Shklovsky's ausführliche Arbeit ist Verf. leider nicht zugänglich), brauchen wir uns vorerst nicht weiter den Kopf zu zerbrechen.

Haben wir nun eine strahlende Schicht der Dicke H, so ist deren optische Dicke

$$\tau_\nu = \varkappa'_\nu \cdot H \tag{7}$$

und ihre Ausstrahlung

$$I_\nu = B_\nu(T) \cdot (1 - e^{-\tau_\nu}). \tag{8}$$

Für $\tau_\nu \ll 1$ (optisch dünne Schicht) wird einfach $I_\nu = \tau_\nu \cdot B_\nu(T)$. Für $\tau_\nu \gg 1$ (optisch dicke Schicht) geht I_ν rasch in die Strahlungsintensität $B_\nu(T)$ des schwarzen Körpers über.

Nach diesen Vorbereitungen wenden wir uns der Diskussion der Beobachtungen zu.

A. Richtungsabhängigkeit der Strahlung der Milchstraße.

Wie wir schon in (*I*) berichteten, zeigte 1939 G. Reber (33) für λ 1,8 m, daß die kosmische Kurzwellenstrahlung stark von der galaktischen Länge l abhängt. In Richtung des galaktischen Zentrums (l = 325°) fand er etwa eine zehnmal größere Intensität als in Richtung des Antizentrums (l = 145°).

Neuerdings hat G. Reber (34) mit Hilfe eines im Meridian schwenkbaren Parabolspiegels von 9,4 m Durchmesser und 6,1 m Brennweite für λ 1,87 m

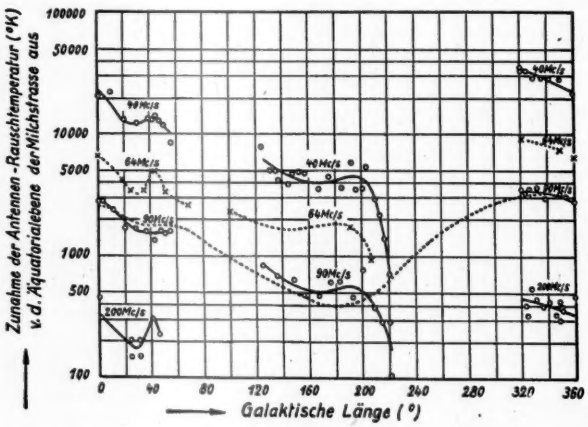


Fig. 1. Richtungsabhängigkeit der Kurzwellenstrahlung der Milchstraße nach L. A. Moxon (30).

sogar eine „Isophoten"-karte der Milchstraße entworfen. Das Hauptmaximum liegt bei l = 334°, nahe dem galaktischen Zentrum. Sekundäre Maxima bei etwa l = 46° (Cygnus), 79° (Cassiopeia) und 173° (Monoceros) dürften auf einen losen Zusammenhang mit „Nestern" von O-Sternen hindeuten, die das interstellare Gas zu kräftiger $H\alpha$-Emission anregen[3]). Die von G. Reber in seiner ersten Arbeit behauptete Neigung der Ebene maximaler Kurzwellenstrahlung um 5° gegenüber der Milchstraßenebene (vgl. I) wird durch die neuen Messungen nicht bestätigt. Die „Teilung" der Milchstraße ist im Kurzwellenbild nicht zu erkennen. Dies ist nicht zu verwundern, da die kosmischen Staubmassen, welche sie hervorrufen, bei diesen Wellenlängen nicht mehr merklich absorbieren.

Weitere Untersuchungen von J. S. Hey, J. W. Phillips und S. J. Parsons (20) bestätigen bei λ 5 m für den Deklinationsbereich $\delta = -30°$ bis $+60°$ im wesentlichen G. Rebers Befunde, insbesondere auch das sekundäre Maximum im Cygnus.

Noch ganz unverständlich ist der auf 4monatige Beobachtungen gestützte Befund der genannten Autoren (21), daß die Strahlung des Cygnus-Maximums kurzzeitigen (~ Minuten) irregulären Schwankungen bis ± 15% unterliege. Wir werden darauf unten nochmals zurückkommen.

Einen systematischen Vergleich der Richtungsabhängigkeit der Kurzwellenstrahlung für verschiedene Wellenlängen hat 1946 L. A. Moxon (30) durchgeführt (Fig. 1). Die gestrichelte Kurve für 64 *Mc/s* entsprechend λ 4,7 m stellt die oben erwähnten Messungen von Hey, Phillips und Parsons dar. Die ausgezogenen Kurven für 40, 90 und 200 *Mc/s*, entsprechend λ 7,5, 3,3 und 1,5 m sind in England unter 52° n. Br. gemessen und für die beiden erstgenannten Wellenlängen durch Schiffsbeobachtungen weitergeführt. Die gestrichelte Kurve bei 90 *Mc/s* geht auf Schiffsbeobachtungen zurück, die S/Lt. Cummings auf einer Reise nach Australien ausgeführt hat einmal, als die Ebene der Milchstraße und der Horizont zusammenfielen und sodann unter Bedingungen, wo die beiden aufeinander nahezu senkrecht standen. Man erkennt zunächst, daß die Richtungsabhängigkeit für alle Wellenlängen von 1,5 m bis 7,5 m praktisch dieselbe ist. Daß das Cygnus-Maximum bei 40 und 90 MHz nicht so ausgeprägt ist, kann auf das geringere Auflösungsvermögen der Antennensysteme zurückgeführt werden. Die Tatsache, daß die Richtungsabhängigkeit für die angegebenen Wellenlängen bis mindestens 7,5 m dieselbe ist, besagt nach Gl. (8), daß die Milchstraße noch für alle diese Wellenlängen optisch dünn ist. Die Intensität ihrer Ausstrahlung (auch im Maximum bei l ~ 320°) muß also stets unter der Kirchhoff-Planck-Funktion für die Elektronentemperatur T liegen. Auf die große Bedeutung dieses Schlusses werden wir im folgenden Abschnitt zurückkommen.

B. Frequenzabhängigkeit der kosmischen Kurzwellenstrahlung.

In Fig. 2 haben wir die wenigen bis jetzt vorliegenden Absolutmessungen in einem Koordinatennetz aufgetragen, das neben der Frequenz ν und der Intensität I_ν auch die zugehörigen Temperaturen T enthält. Nach der Theorie von L. G. Henyey und P. C. Keenan erhält man die ausgezogenen Kurven, die entsprechend Gl. (6) bis (8) von optisch dünner Schicht (rechts; Fortsetzung nach links gestrichelt) zu optisch dicker Schicht (links unten; Fortsetzung nach oben dünn ausgezogen) übergehen. Kurve *A* entspricht den von Henyey und Keenan selbst angenommenen Werten $N = N = 1$ und $T = 10^4$ °K; *B* ist für $N_e = N_i = 1{,}5$ und $T = 10^5$ °K berechnet. (Das gesamte Beobachtungsmaterial über interstellare Absorptions- und Emissionslinien ergibt nach O. Struve (42) $N_e = N_i \approx 3$ als wahrscheinlichste Konzentration der Elektronen im interstellaren Gas.) Die Streuung der Meßpunkte um die berechneten Kurven in Fig. 2 ist noch recht erheblich, aber in Anbetracht der technischen Schwierigkeiten nicht unerwartet. Kurve *B* schließt sich den Meßpunkten im

[3]) Vgl. die instruktive Fig. 7 bei O. Struve (42).

ganzen erheblich besser an, als A, die bei den längeren Wellen zu unverhältnismäßig großen Abweichungen führt. Dies allein würde aber wohl noch nicht zu dem unerwarteten Schluß berechtigen, daß die Elektronentemperatur des interstellaren Gases $\sim 100\,000°$ statt der auf Grund einer Abschätzung der Strahlung

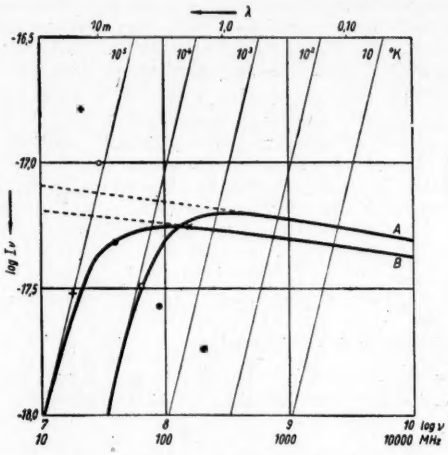


Fig. 2. Frequenzabhängigkeit der Kurzwellenstrahlung der Milchstraße.
Ordinaten: Intensität I_ν in Erg/cm³. sec. Kilohertz Quadratgrad.
Abszissen: Frequenz ν bzw. Wellenlänge λ
Messungen: + Jansky, × Reber, ○ Fränz, □ Hey, Phillips und Parsons, ● Moxon.
Ausgezogene Kurven: Berechnete Energieverteilung nach der Theorie von L. G. Henyey und P. C. Keenan (18)
A) $N_e = N_i = 1$; $T = 10^4$ Grad.
B) $N_e = N_i = 1{,}5$; $T = 10^5$ Grad.

aller Sterne erwarteten $\sim 10\,000°$ beträgt. Was diesen Schluß aber schon jetzt recht sicher erscheinen läßt, ist die am Ende des vorhergehenden Abschnittes erzielte Einsicht, daß auch bei λ 7,5 m die Milchstraße noch optisch dünn ist. Kurve A erreicht die optische Dicke 1 (Schnittpunkt der steilen Geraden $T = 10^4°$ K mit der gestrichelten fast horizontalen Kurve) schon bei λ 3,5 m, unsere Kurve B dagegen erst bei 11,6 m, was eben noch geht. Eine Elektronentemperatur von $200\,000°$ wäre mit den Messungen evtl. noch vereinbar; keinesfalls aber Werte unter $100\,000°$.

Es wäre höchst wünschenswert, einerseits genauere Absolutmessungen von I_ν zu bekommen und anderseits die Richtungsabhängigkeit der Milchstraßenstrahlung auch bei längeren Wellen ($\sim$ 15 m) unter Berücksichtigung des Trennvermögens der Antennen mit der bei kürzeren Wellen zu vergleichen.

3. *Die Kurzwellenstrahlung der Sonne.*

Während des Krieges entdeckten Beobachter an Radar-(Funkmeß-)Empfangsgeräten (vgl. z. B. 31; 40a), daß im 4—6-Meter-Band auch die Sonne zeitweise eine kräftige Strahlung emittiert, als deren Ursache sich bald intensive solare Eruptionen erwiesen. Im Laufe der Zeit stellte sich weiter heraus, daß auch die ungestörte Sonne im ganzen Kurzwellengebiet emittiert.

Versuchen wir, uns zunächst von dem letzteren „normalen" Anteil ein theoretisches Bild zu machen! Wir knüpfen dabei an Ansätze von K. O. Kiepenheuer (23) und D. F. Martyn (28) an, um sie in einigen Punkten weiterzuführen bzw. abzuändern. An Hand unserer Gl. (6) bis (8) zeigen wir zunächst, daß in unserem Spektralgebiet nur die Korona und — bei kürzeren Wellen — die Chromosphäre zur Ausstrahlung beitragen, da aus optischen Tiefen $\tau_\nu \gg 1$, ja praktisch keine Strahlung mehr direkt nach außen gelangen kann.

Wir schreiben im folgenden der Chromosphäre eine Temperatur von $T = 6000°$ und der Korona nach B. Edlén (10), M. Waldmeier (47,49) u. A. $T = 500\,000°$ zu[4]). Die Anzahl der Elektronen N pro cm³ in der Korona als Funktion des Abstandes r vom Sonnenmittelpunkt (in Sonnenradien) entnehmen wir der bekannten Arbeit von S. Baumbach (5), wobei wir jedoch in seiner Formel (14) das Glied mit $0.036/r^{1.5}$ weglassen, da es zweifelhaft ist, ob auch in der äußersten Korona die Lichtstreuung durch freie Elektronen erfolgt. Es bleibt dann

$$N\,(r) = 10^8 \left(\frac{1.55}{r^6} + \frac{2.99}{r^{16}}\right). \tag{9}$$

Dieser Ausdruck für $N(r)$ entspricht gerade etwa dem „völlig kontinuierlichen" Anteil des Koronaspektrums, wie ihn W. Grotian (16) und C. W. Allen (1) zu isolieren versucht haben. Berechnet man rückwärts, welchen Prozentsatz des gesamten Koronalichtes $I(\varrho)$ (ϱ wieder in Sonnenradien gemessen) Gl. (9) im Verhältnis zu dem vollständigen Ausdruck Baumbachs (d. h. inkl. des Gliedes $\frac{0.036}{r^{1.5}} \cdot 10^8$) liefert, so findet man für

$\varrho =$	1.3	1.6	2.2	Sonnenradien
$\frac{100\, I_k}{I_F + I_k} =$	78	68	39	%

während nach W. Grotians Messungen (interpoliert)

	85	74	44 %

und nach C. W. Allen (1)

	95	87	58 %

ist. Die Übereinstimmung erscheint beim gegenwärtigen Stand der Dinge völlig ausreichend.

Mit Gl. (9) läßt sich nun das für die Berechnung der optischen Tiefe τ_ν in der Korona nach Gl. (6) und (7) entscheidende $\int_r^\infty N^2\,(r)\,dr$ leicht berechnen.

Für $r = 1$ erhält man zunächst die gesamte optische Dicke der Korona, gemessen längs eines Radius[5]) (vgl. K. O. Kiepenheuer (23))

für	$\lambda =$	10 m	1 m	10 cm
zu	$\tau_\nu =$	366	3,66	0,037

d. h. schon in der Mitte der Sonnenscheibe erhält man bei $\lambda > 50$ cm praktisch nur Strahlung von der Korona; die der Chromosphäre ist nur bei den Dezimeter- und Zentimeterwellen wesentlich.

Sodann berechnen wir die Intensität der Koronastrahlung für verschiedene Wellenlängen λ als Funktion des scheinbaren Abstandes ϱ (in Sonnenradien) von der Mitte der Sonnenscheibe. Den Ausgangspunkt bildet die Berechnung des $\int N^2\,(r)\,dy$ längs eines Sehstrahles bei vorgegebenem ϱ (Fig. 3):

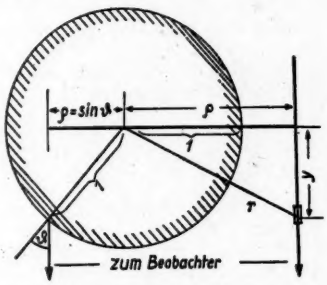


Fig. 3. Zur Berechnung der Kurzwellenstrahlung $I_\nu\,(\varrho)$ der Sonnenkorona und -chromosphäre.

[4]) Da im Rayleigh-Jeansschen Strahlungsgebiet ja $I_\nu \sim T$ ist, so kommt es auf die Zahlenwerte nicht so genau an. Für die Korona werden z. B. Werte zwischen 300000 und 1000000° angegeben. Über ihre Temperaturschichtung ist z. Zt. noch gar nichts bekannt.

[5]) Die nur ganz wenig veränderliche $\{\cdots\}$ in Gl. (6) haben wir der Einfachheit wegen durchweg für λ 1 m gerechnet.

Für kleine ϱ gilt näherungsweise

$$\int_{r=1}^{\infty} N^2(r)\,dy = \sec\vartheta \cdot \int_{r=1}^{\infty} N^2(r)\,dr = 6.59 \cdot 10^{26} \cdot \sec\vartheta\,, \qquad (10)$$

wo ϑ den Winkel zwischen Sonnenradius und Sehstrahl ($\varrho = \sin\vartheta$) bedeutet. Für $\varrho > 1$ kann das Integral leicht analog den z. B. in „Physik der Sternatmosphären", pg. 441, angegebenen Formeln berechnet werden. Bei $\varrho = 0.95$ und 0.99 endlich erwies sich graphische Integration als das einfachste.

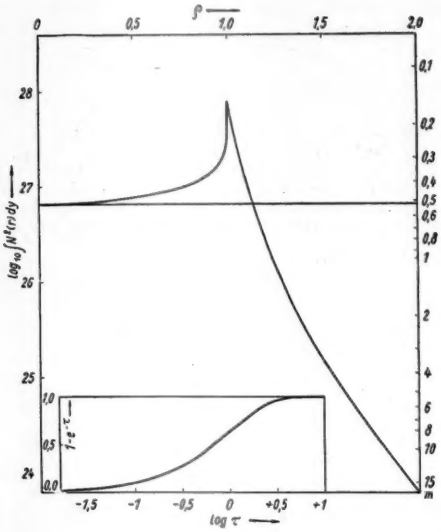


Fig. 4. Berechnung des $\int N^2(r)\,dy$ als Funktion von ϱ und damit von $\tau(\varrho, \lambda)$. Die Hilfsfigur unten ergibt $I_\nu/B_\nu = 1 - e^{-\tau}$.

Das Ergebnis der ganzen Rechnung zeigt Fig. 4 (logarithmische Ordinatenskala links; ϱ-Skala oben). Rechts ist weiterhin eine logarithmische λ^2-Skala (d. h. λ-Skala im doppelten Maßstab) angezeichnet, deren Nullpunkt so gewählt wurde, daß man von einer horizontalen Geraden durch einen bestimmten λ-Punkt aus bis zur Kurve sofort die optische Dicke τ_ν der Korona nach Gl. (6) — (8) logarithmisch abgreifen kann. Die zugehörige Strahlungsintensität $I_\nu(\varrho)$ in Einheiten der betr. Kirchhoff-Planck-Funktion (4) kann man endlich mühelos der unteren Hilfsfigur entnehmen.

Soweit die optische Dicke der Korona $\tau_\nu < 1$ ist, ist zu ihrer Strahlung die der Chromosphäre $B_\nu(6000°) \cdot e^{-\tau_\nu(\varrho)}$ zu addieren.

Das interessante Ergebnis der numerischen Berechnungen zeigt unsere Fig. 5: Die Mitte-Rand-Verdunkelung der Sonne im Radio-Spektralgebiet! Wir erwarten danach Folgendes:

Bei λ 10 m ist die Korona bis $\varrho = 1{,}6$ Sonnenradien optisch dick; d. h. die Sonne erscheint als eine gleichförmige helle Scheibe, aber mit 1,6 „Sonnenradien" Halbmesser, woran sich ein Saum abnehmender Helligkeit anschließt. Für λ 1,7 m ist der Bereich konstanter Helligkeit auf 1,2 Sonnenradien zusammengeschrumpft. Bei λ 54 cm ist nur noch am Sonnenrand $\tau_\nu \gg 1$, die Intensität zeigt also dort ein Maximum. Im Dezimetergebiet sinkt — trotz des Hinzukommens der Chromosphäre — die Strahlung innerhalb der Sonnenscheibe und in der äußeren Korona stark ab (man beachte die veränderte Ordinatenskala!), so daß die Sonne am Rand einen ziemlich scharf begrenzten „hellen" Ring bekommt.

Sodann berechnen wir noch die mittlere Temperatur $\overline{T}$ der Sonnenscheibe. Würde letztere wie ein schwarzer Körper strahlen, so wäre der Strahlungsstrom S im Frequenzintervall $\Delta\nu$ auf der Erde gegeben durch: Kirchhoff-Planck-Funktion der Sonne mal dem Raumwinkel, unter dem sie uns erscheint, d. h.

$$S = \frac{2\pi k T}{\lambda^2}\left(\frac{r_0}{R}\right)^2 \Delta\nu\ \mathrm{erg/cm^2 \cdot sec.} \qquad (11)$$

Allgemein haben wir, da S proportional T ist, den Temperaturmittelwert (die Intensitäten in Fig. 5 sind schon als „Rausch"temperaturen beziffert)

$$\overline{T} = \frac{\int T \cdot 2\pi\varrho\,d\varrho}{\int 2\pi\varrho\,d\varrho} = \int_0^\infty T\,d(\varrho^2) \qquad (12)$$

zu bilden. Man berechnet für

$$\left.\begin{array}{lllll} \lambda = & 10\ \mathrm{m} & 1{,}7\ \mathrm{m} & 54\ \mathrm{cm} & 10\ \mathrm{cm} \quad 3\ \mathrm{cm} \\ \overline{T} = & 1.88.10^6 & 1.00.10^6 & 0.62.10^6 & 5.88.10^4 \quad 1.06.10^4\,° \end{array}\right\} \qquad (13)$$

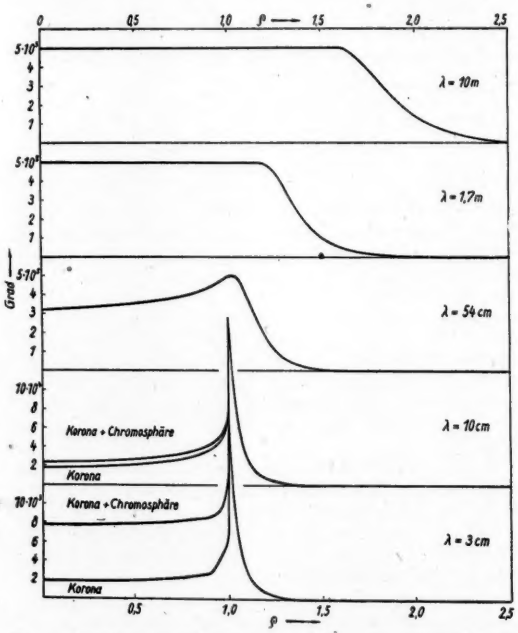


Fig. 5. Variation der Intensität $I_\nu(\varrho)$ (bzw. der entsprechenden Temperatur) über die Sonnenscheibe. ϱ in Einheiten des Sonnenradius.

Hiermit vergleichen wir zunächst die vorliegenden Messungen, wobei die großen Schwierigkeiten einer absoluten Eichung der Apparaturen stets im Auge zu behalten sind:

Bei längeren Wellen sind die Störungen im Zusammenhang mit der Sonnenaktivität so häufig und stark, daß man lange Beobachtungszeiten braucht, deren statistische Auswertung (Histogramm; vgl. Fig. 6) erst die „ungestörte" Sonnenstrahlung liefert.

So findet J. L. Pawsey (32) für λ 1,5 Meter etwa $0{,}9 \cdot 10^6$ Grad. Bei λ 63 cm mißt G. Reber (35) etwa

10^6 Grad. Zu kürzeren Wellenlängen stieß J. Southworth (41) vor. Mit Hilfe eines Spiegel-„Teleskops" erhielt er bei

λ	10 cm	3 cm	1.25 cm
$\overline{T} \approx$	17000°	13000°	2000°.

Die rasche Abnahme des $\overline{T}$ unterhalb der Wellenlängen von 50 cm stimmt größenordnungsmäßig mit unseren Berechnungen (13) gut überein. Der Meßwert für λ 1,25 cm ist sicher zu niedrig; R. H. Dicke und R. Beringer (8) erhielten mit einem 18"-Parabolspiegel bei λ 1,25 cm $\overline{T} \sim 10\,000°$.

Ehe wir uns den Versuchen zuwenden, die Verteilung der Strahlungsintensität über die Sonnenscheibe zu messen, müssen wir uns mit dem zeitlich veränderlichen Anteil der solaren Kurzwellenstrahlung beschäftigen, der — wie schon die ersten Beobachtungen zeigten — meist in Verbindung mit solaren „Eruptionen" auftritt.

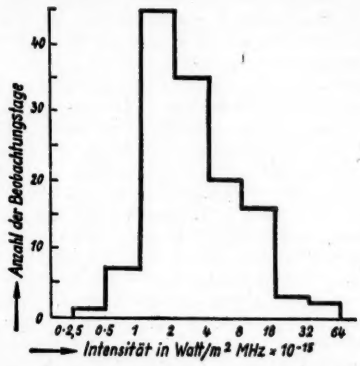


Fig. 6. Häufigkeitsverteilung (Histogramm) der täglichen Werte der Sonnenstrahlungs-Intensität bei λ 1,5 m nach J. L. Pawsey (32). Einheit der Abszissenskala 10^{-18} Watt/m² · MHz; entsprechend 1,2 · 10^6 ° K.

Letztere äußern sich bekanntlich so, daß über kleinere oder größere Flächen in der Umgebung einer Fleckengruppe die H_α Linie in Emission auftritt und rasch (d. h. oft innerhalb weniger Minuten) an Intensität gewinnt. Bei kräftigeren Eruptionen beobachtet man auch andere Linien auf der Sonnenscheibe in Emission; bei den kräftigsten endlich nimmt sogar die Intensität des kontinuierlichen Spektrums zu. Die Eruptionen rufen vermittels ihrer offenbar sehr starken Strahlung im Lymangebiet eine Verstärkung gewisser Ionosphärenschichten und dadurch die sog. Mögel-Dellinger-Fadings im Kurzwellenbereich hervor. Etwa 24 Std. nach kräftigen Eruptionen — d. h. wenn die ausgestoßene Korpuskularstrahlung die Erde erreicht hat — beobachtet man meist einen magnetischen Sturm.

Schon die Arbeit von J. L. Pawsey, R. Payne-Scott und L. L. Mc Cready (31) zeigte eindeutig den Zusammenhang der zeitweiligen Zunahme der Kurzwellenstrahlung von λ 1,5 m mit dem Auftreten großer Sonnenfleckengruppen in der Nähe des Zentralmeridians (letztere sind fast immer mit Eruptionen verknüpft).

Eine Statistik über die Häufigkeit verschiedener Temperaturen (ebenfalls für λ 1,5 m) zeigt Fig. 6 nach J. L. Pawsey (32). Bei kürzeren Wellenlängen sind die Schwankungen offenbar geringer, woraus wir in Verbindung mit Fig. 5 schließen dürfen, daß sie ihren Sitz hauptsächlich in der Korona haben. Untersuchungen bei noch längeren Wellen könnten darüber Auskunft geben, wieweit sich die Störungen in der Korona nach außen erstrecken.

Die Bemühungen der Kurzwellenforscher richteten sich zunächst darauf, durch möglichst direkte Beobachtung zu ermitteln, welche Stellen der Sonnenscheibe die anormale Strahlung emittieren. Dabei ergeben sich gleichzeitig auch Aufschlüsse über die Mitte-Rand-Variationen der normalen Strahlung. Wir besprechen daher diese beiden Punkte zusammen.

Sonnenfinsternisse. — Wenn bei einer Finsternis — es genügt eine partielle — der Mond die Sonnenscheibe Stück für Stück abdeckt, so kann man aus der Abnahme der gemessenen Strahlungsintensität offenbar auf deren Verteilung über die Sonnenscheibe schließen. Die erreichbare Genauigkeit ist aus geometrischen Gründen freilich nicht sehr hoch.

R. H. Dicke und R. Beringer (8) fanden bei der Finsternis vom 9. Juli 1945 unter Anwendung eines 18"-Parabolspiegels, daß bei λ 1,25 cm die Sonne etwa wie eine gleichförmige Scheibe von $\sim 10\,000°$ K strahlte[6]). Bei derselben Finsternis erzielte K. F. Sander (40) mit einem 3'-Spiegel bei λ 3,2 cm noch keine klare Entscheidung, ob die Sonne bei dieser Wellenlänge gleichmäßig strahle oder von dem theoretisch geforderten hellen Ring (Fig. 5) umgeben sei. Die Aussichten, diesen zu beobachten, sollten nach der Theorie bei $\lambda \sim 10$ cm am günstigsten sein. Für λ 11 cm hat dann R. E. Covington (6) bei der partiellen Finsternis vom 23. November 1946 in Ottawa mit einer parallaktisch montierten Spiegelanordnung äußerst interessante Ergebnisse erzielt. Die Strahlung zeigte jedesmal eine ruckartige Abbzw. Zunahme, wenn der Mond eine der großen Fleckengruppen bedeckte bzw. freigab. Covington erhielt für die normalen Teile der Sonnenoberfläche eine Temperatur von 56 000° (in ausgezeichneter Übereinstimmung mit den Berechnungen von (13)), für eine Fleckengruppe dagegen $\sim 1{,}5 \cdot 10^6$ Grad! Er beobachtete ferner schon 3 min vor dem 1. Kontakt (als der Mondrand bei $\varrho = 1.05$ Sonnenradien stand) eine Abnahme der Kurzwellenstrahlung, so daß diese beim „optischen" Kontakt um 8% abgenommen hatte. Dies paßt gut zu der Kurve, die wir in Fig. 5 für λ 10 cm berechnet haben. Nach dieser wäre — wie eine graphische Berechnung ergab — eine Abnahme von 3% zu erwarten gewesen. (Daß keine völlige Übereinstimmung herauskommt, ist bei den großen räumlichen und zeitlichen Schwankungen der Koronahelligkeit nicht zu verwundern.)

Für λ 63 cm fand G. Reber (35) bei derselben Finsternis vom 23. November 1946 ungefähr gleichförmige Verteilung der Intensität ($\sim 10^6$ Grad) über die Sonnenscheibe, was zu der mittleren Kurve von Fig. 5 gut paßt.

Bei längeren Wellen liegen noch keine Finsternisbeobachtungen vor. Nach der Theorie wäre bei $\lambda \sim 10$ m auch neben der „optischen" Finsterniszone noch eine erhebliche Abnahme der Kurzwellenstrahlung bei Bedeckung der Korona durch den Mond zu erwarten!

Außerhalb von Finsternissen haben M. Ryle und D. D. Vonberg (37) großes Winkel-Trennungsvermögen bei λ 1,7 m erzielt durch ein Antennensystem, das nach dem Prinzip des Michelsonschen Sterninterferometers gebaut war: Zwei Antennen mit je 8 Dipolen wurden in 10 bis 140 Wellenlängen Abstand voneinander aufgestellt und mit einem gemeinsamen Verstärker verbunden. Der Richtcharakte-

[6]) Mit derselben Anordnung haben Dicke und Beringer (8) auch die Eigenstrahlung des Mondes gemessen. Der Vollmond strahlt bei λ 1,25 cm entsprechend $T = 292°$ K. E. Pettit (31a) erhielt durch Messung der Wärmestrahlung den Wert von 348 °K. Um die beiden Beobachtungen vergleichen zu können, müßte die absolute Skala der Radiomessungen wohl genauer sein. Außerdem müßte man das Absorptions- oder das Reflexionsvermögen lockerer vulkanischer Gesteine im cm-Gebiet messen, um das Emissionsvermögen des Mondes nach dem Kirchhoffschen Satz berechnen zu können.

ristik der einzelnen Antenne überlagern sich dann zahlreiche Interferenzstreifen, deren Abstand dem der beiden Antennen in bekannter Weise zugeordnet ist. Mit dieser Anordnung ließ sich zeigen, daß die strahlende Fläche der Fleckengruppe, welche Ende Juli 1946 die Sonnenscheibe passierte, höchstens 10′ Durchmesser hatte. Am 25. Juli erreichte diese eine Temperatur von $2.10^9\,°K$! Einen Strahlungsausbruch, der die normale Koronatemperatur von $\sim 5.10^5$ bis 10^6 Grad noch wesentlich stärker übertraf, beobachteten A. C. B. Lovell und C. J. Banwell (26) bei derselben Sonneneruption, die auch nach den spektrohelioskopischen Beobachtungen von M. A. Ellison (11) von einzigartiger Heftigkeit war, am 25. Juli 1946 16h24 bis 16h27 · 30 *UT* bei λ 4,2 m. Die Gesamtstrahlung der Sonne stieg während dieser Minuten auf das $1{,}3 \cdot 10^8$-fache der für den schwarzen Körper von 6000° erwarteten. Nimmt man an, daß die strahlende Fläche etwa 1/100 der Sonnenscheibe bedeckte (dies dürfte kaum zu niedrig geschätzt sein, da die Fläche der ganzen Fleckengruppe nach den Greenwicher Beobachtungen 3950 Millionstel der Sonnenscheibe entsprach), so kommt man für die strahlende Fläche selbst auf eine Temperatur von $\sim 8.10^{13}$ Grad! Auf diese hochbedeutende Entdeckung werden wir unten nochmals zurückkommen[7]). Doch damit nicht genug: Beobachtungen von D. F. Martyn (27), E. V. Appleton und J. S. Hey (3), wie auch Messungen von M. Ryle und D. D. Vonberg (37) mit einer entsprechenden Schaltung ihres „Michelson-Interferometers" zeigten, daß die Strahlung der Sonneneruption im Gebiet der Meterwellen (so gut wie vollständig) zirkular polarisiert war. Der zunächst beobachtete Richtungssinn der Zirkularpolarisation kehrte sich bei der schon erwähnten Fleckengruppe nach einigen Tagen um! Wie können wir diese Beobachtungen deuten?

Versuchen wir zunächst uns Klarheit darüber zu verschaffen, aus welchen Schichten die Kurzwellenstrahlung einer bestimmten Wellenlänge uns erreichen kann.

Wir sahen schon, daß auf jeden Fall Strahlung höchstens aus den Schichten die Erde erreichen kann, deren optische Dicke τ für die betr. Wellenlänge — von außen herein gerechnet — nicht wesentlich größer als Eins ist. In der folgenden Tabelle haben wir daher nach Gl. (9) in Verbindung mit Gl. (6) berechnet, in welchem Abstand r vom Sonnenmittelpunkt die optische Tiefe $\tau = 1$ erreicht ist:

$$\left.\begin{array}{lllll} \lambda = 50\text{ cm} & 1\text{ m} & 3\text{ m} & 10\text{ m} & \\ \tau = 1 \text{ bei } r = \quad 1 & 1.067 & 1.227 & 1.500 & \text{Sonnenradien} \end{array}\right\} \quad (14)$$

Neben dieser Begrenzung der ausstrahlenden Schicht durch die frei-frei-Absorption könnte man aber auch an eine Begrenzung durch den Mechanismus denken, der uns in der Erdatmosphäre die Schichten der Ionosphäre zu erkennen erlaubt (vgl. z. B. (9)). Bekanntlich tritt hier — bei senkrechtem Einfall, auf den wir uns zunächst beschränken wollen — Totalreflexion (genauer gesagt, ein rasches Umbiegen) der elektrischen Wellen ein, sobald diese auf eine Schicht mit dem Brechungsindex $n = 0$ treffen. Ist kein Magnetfeld vorhanden, so wird nach der Dispersionstheorie bei einer Konzentration von N Elektronen /cm³ der Wert $n = 0$ erreicht bei der „kritischen" Frequenz

$$\nu_k = \sqrt{\frac{e^2}{\pi m}}\, N \text{ oder } \lambda_k = \frac{334}{\sqrt{N \cdot 10^{-8}}} \text{ Meter.} \quad (15)$$

Für die in (14) gefundenen Radien $r_{\tau=1}$ erhält man aus (9) leicht die Konzentration der Elektronen und damit

$$\left.\begin{array}{lllll} r = 1 & 1.067 & 1.227 & 1.500 & \\ N.10^{-8} = 4.54 & 2.11 & 0.568 & 0.140 & \\ \lambda_k = 1.6 & 2.3 & 4.4 & 8.9 & \text{Meter} \end{array}\right\} \quad (16)$$

Der Vergleich mit den λ-Werten von (14) zeigt, daß mit Ausnahme von λ 10 m alle Wellen erst bei $\tau > 1$ reflektiert würden, so daß wir also — abgesehen von den längsten Wellen — den „Ionosphären-Mechanismus" nicht zu berücksichtigen brauchen. Die Angabe von D. F. Martyn (28), daß schon bei λ 1 m Reflexion vor Erreichen von $\tau = 1$ zu erwarten sei, kann Verf. nicht bestätigen.

Wenn (wie z. B. bei λ 10 m) die Begrenzung der ausstrahlenden Schicht durch Brechung erfolgt (die wir ganz vernachlässigt haben), so ist es keineswegs erlaubt, die Ausstrahlung der über $n = 0$ liegenden Schicht nach den üblichen Formeln zu berechnen, bei denen ja $n \approx 1$ vorausgesetzt wird. Vielmehr müßte man beachten, daß z. B. ein Strahl, der die Sonne schließlich radial verläßt, in den Schichten mit $n \approx 0$ Strecken von erheblicher optischer Länge fast parallel der Sonnenoberfläche durchlaufen hat. Die sehr komplizierte Theorie einer solchen anormal brechenden und absorbierenden Atmosphäre ist bis jetzt noch nicht durchgerechnet. Zum Teil könnte man wohl auf die Ansätze von A. Schmidt und W. H. Julius zurückgreifen[8]).

Auch die Berechnungen der Mitte-Rand-Variation der Sonne im Kurzwellengebiet von D. F. Martyn (28), denen ohne Zweifel das große Verdienst einer wesentlichen Klärung dieser wichtigen Fragen zukommt, haben wir aus den angegebenen Gründen in Fig. 5 einer Revision unterzogen.

Nimmt man an, daß das allgemeine Magnetfeld der Sonne in die Korona hinaufreicht, so würde in der Sonnenatmosphäre wie in der terrestrischen Ionosphäre magnetische Doppelbrechung auftreten (E. V. Appleton). Diese könnte nach D. F. Martyn (29) die Kurzwellenstrahlung dadurch beeinflussen, daß der Absorptionskoeffizient für den ordenlichen bzw. außerordentlichen Strahl verschieden ist. Da wir jedoch sahen, daß bis zu Wellenlängen von ~ 5 m die anormale Dispersion im Verhältnis zur Absorption durch frei-frei-Übergänge eine untergeordnete Rolle spielt, so möchten wir annehmen, daß — zum mindesten für die normale Kurzwellenstrahlung der Sonne — dieser Effekt keine wesentliche Rolle spielt.

Die entscheidende Frage, welche uns das enorme Anwachsen der (zirkular polarisierten) Strahlung in Eruptionen stellt, ist zunächst die nach dem Ursprung von Elektronentemperaturen bis $8.10^{13}\,°K$ in der inneren Korona ($r \sim 1{,}3$ Sonnenradien).

Der Erklärungsversuch von K. O. Kiepenheuer (24) kann nicht befriedigen. Denn durch keinen irgendwie gearteten Emissions- und Absorptionsmechanismus kann man über die der Elektronentemperatur entsprechende Kirchhoff-Planck-Funktion (für die Korona also $\sim 10^6$ Grad) kommen,

[7]) Verschiedene Autoren haben versucht, die Kurzwellenstrahlung der Milchstraße und insbesondere ihre zeitlichen Schwankungen im Cygnus dadurch zu erklären, daß sie dieselbe nicht dem interstellaren Gas, sondern den Sternen selbst zuschreiben. Daß dies nicht angängig ist, sieht man frei nach J. L. Greenstein, L. G. Henyey und P. C. Keenan (15) sofort durch folgende Abschätzung: Das Verhältnis der Flächenhelligkeiten der Sonne und der hellsten Milchstraßenwolken entspricht im sichtbaren Spektralgebiet etwa 10^{13}, bei λ 2 m dagegen nur $\sim 4.10^8$. Das Verhältnis von Kurzwellenstrahlung : visueller Strahlung müßte also für den Durchschnitt der Sterne $\sim 2.10^9$ mal größer sein als für die Sonne, wenn man die kosmische Kurzwellenstrahlung dem Gros der Sterne zuschreiben wollte. Würde man sie nur bestimmten Sternklassen zuordnen, so müßte man zu noch unwahrscheinlicheren ad hoc-Hypothesen greifen.

[8]) Vgl. R. Emden (12); Kap. 16.

ohne den II. Hauptsatz der Thermodynamik zu verletzen. Auch die Ansätze von M. N. Saha (38), welche die frei-frei-Absorption ignorieren[9]), scheinen Verf. nicht weiter zu führen, ebensowenig die Erörterungen über Quantensprünge zwischen Hyperfeinstrukturniveaus in Atomen (39).

Wir müssen also annehmen, daß über Eruptionen in der Korona Elektronen (und wohl auch andere geladene Teilchen) mit mittleren Energien bis $8 \cdot 10^{13}$ Grad oder $7 \cdot 10^9$ *e*-Volt vorkommen[10])! Ein solcher Effekt kann — das dürfte von vornherein klar sein, auch wenn manche Einzelheiten z. Zt. noch dunkel sind — nur zustande kommen, indem geladene Teilchen, wie das W. F. G. Swann (43) schon 1933 (im Zusammenhang mit der Theorie des Polarlichtes) erörtert hat, durch das zeitlich variable Magnetfeld eines Sonnenflecks wie im Betatron beschleunigt werden. Die Vorbedingung der Swannschen Vorstellung, daß die freie Weglänge der Teilchen größer als ~ 50 cm sein soll, ist in der Korona jedenfalls erfüllt.

Fast noch wichtiger als diese interessante Hypothese erscheint uns jedoch der — bis jetzt anscheinend noch nicht bemerkte — Zusammenhang mit der solaren Komponente der Ultrastrahlung: S. E. Forbush (13) hat 1946 entdeckt, daß im Zusammenhang mit solaren Eruptionen (denen Mögel-Dellinger-Fadings parallel gehen und denen in etwa 1 Tag Abstand der plötzliche Anfang eines magnetischen Sturmes folgt) Ionisationskammern (nach Compton-Bennett) mit 11 cm *Pb*-Panzerung ein plötzliches Anwachsen der Ultrastrahlung um bis zu 15% zeigen. Messungen mit einer Zählrohrkoinzidenzanlage, die H. Ehmert[11]) in den Jahren 1941 bis 43 ausgeführt hat, bestätigen diese Beobachtungen auf das schönste. Der Effekt kann, wie Forbush (1. c.) im einzelnen darlegt, nicht durch eine Veränderung des terrestrischen Magnetfeldes (im Sinne der Störmerschen Theorie) verursacht sein. Da der Eeffekt in magnetischen Breiten von $\Phi = 78$ N°, 50° N und 48° S beobachtet wurde, dagegen in Huancayo, Peru, $\Phi = 1°$ S fehlt, so ist er kaum anders zu deuten, als durch eine Korpuskularstrahlung, deren Energie, wenn es sich um Elektronen handelt, zwischen 2,6 und $10 \cdot 10^9$ *e V*, bei Protonen zwischen 1,9 und $9 \cdot 10^9$ *e V* liegen muß[12]). Es ist nun höchst bedeutsam, daß die Kurzwellenbeobachtungen ganz unabhängig auf Elektronen von bis zu $7 \cdot 10^9$ *e* Volt in der Sonnenkorona hinweisen. Im Zusammenhang mit den Ultrastrahlungsmessungen haben übrigens auch S. E. Forbush (13) und W. F. G. Swann (44) selbst auf dessen „Betatron"-Theorie hingewiesen, ohne jedoch den Zusammenhang mit der Kurzwellenstrahlung zu erkennen. Wir haben wohl zum ersten Male einen unmittelbaren Einblick in die Entstehung wenigstens eines kleinen Anteils der kosmischen Ultrastrahlung gewonnen.

Institut für theoretische Physik und Sternwarte (24b) Kiel, Ohlshausenstraße, Neue Universität, Bau 13 I.

Eingegangen am 20. September 1947.

[9]) Die Annahme Sahas, daß die Korona „eine reine ‚Elektronenatmosphäre' ohne irgendwelche schwerere atomare Teilchen mit Ausnahme sehr kleiner Konzentrationen hochionisierten *Fe*, *Ni* und *Ca*" sei, ist aus elektrostatischen Gründen unhaltbar. Wie G. Righini (36) und M. Waldmeier (48) gezeigt haben, führt die naheliegende Annahme, daß die Korona dieselbe Zusammensetzung hat wie die übrige Sonne zu keinen Widersprüchen gegen die Beobachtung.

[10]) Unsere Berechnung des Absorptionskoeffizienten nach Gl. (6) wird für $kT > mc^2$, d. h. bei $T > 6.10^9$ wegen der relativistischen Massenveränderlichkeit ungültig. Unsere obigen Schlüsse stützen sich aber nur darauf, daß bei einer Temperatur T die Strahlungsintensität keinesfalls den für die Hohlraumstrahlung berechneten Wert übersteigen kann. Das Plancksche Strahlungsgesetz aber gilt auch im relativistischen Bereich.

[11]) Vortrag auf der Göttinger Physikertagung am 5. 7. 1947.

[12]) Vgl. z. B. W. Heisenberg (17), Tab. 2, pg. 153.

Literatur.

(1) Allen, C. W., Monthly Notices R.A.S., **106**, 137 (1946). — (2) Appleton, E. V., Nature **156**, 534 (1945). — (3) Appleton, E. V., und Hey, J. S., Nature **158**, 339 (1946). — (4) Appleton, E. V., und Hey, J. S., Phil. Mag. **37**, 73 (1946). — (5) Baumbach, S., Astron. Nachr. **263**, 121 (1937). — (6) Covington, A. E., Nature, **159**, 405 (1947). — (7) Dicke, R. H., Rev. Sci. Instr., **17**, 268 (1946). — (8) Dicke, R. H., und Beringer, R., Ap. J., **103**, 375 (1946). — (9) Dieminger, W., Erg. d. exact. Naturwiss., **17**, 282 (1938). — (10) Edlén, B., ZS. f. Ap., **22**, 30 (1942). — (11) Ellison, M. A., Nature, **158**, 160 u. 450 (1945). — (12) Emden, R., Gaskugeln, Leipzig (1907). — (13) Forbush, S. E., Phys. Rev., **70** 771 (1946). — (14) Fränz, K., ZS. f. Hochfrequenztechnik, **59**, 143 (1942), und Fortschritte der Hochfrequenztechnik **2**, 685 (1943). — (15) Greenstein, J. L., Henyey, L. G., und Keenan, P. C., Nature, **157**, 805 (1946). — (16) Grotrian, W., ZS. f. Ap., **8**, 124 (1934). — (17) Heisenberg, W., Kosmische Strahlung, Berlin (1943). — (18) Henyey, L. G., und Keenan, P. C., Ap. J., **91**, 625 (1940). — (19) Hey, J. S., Nature, **157**, 47 (1946). — (20) Hey, J. S., Phillips, J. W., und Parsons, S. J., Nature, **157**, 296 (1946). — (21) Hey, J. S., Parsons, S. J., und Phillips, J. W., Nature, **158**, 234 (1946). — (22) Jansky, K. G., Proc. I.R.E., **20**, 1920, (1932); **21**, 1387, (1933); **23**, 1158 (1935); **25**, 1517 (1937). — (23) Kiepenheuer, K. O., Neue Phys. Blätter, **1**, 225 (1946). — (24) Kiepenheuer, K. O., Nature, **158**, 340 (1946). — (25) Kiepenheuer, K. O., Ann. d. Astrophysique, **9**, 42 (1946). — (26) Lovell, A. C. B., und Banwell, C. J., Nature, **158**, 517 (1946). — (27) Martyn, D. F., Nature, **158**, 308 (1946). — (28) Martyn, D. F., Nature, **158**, 632 (1946). — (29) Martyn, D. F., Nature, **159**, 26 (1947). — (30) Moxon, L. A., Nature, **158**, 758 (1946). — (31) Pawsey, J. L., Payne-Scott, R., und Cready, L. L. Mc, Nature, **157**, 158 u. 187 (1946). — (31a) Pettit, E., Ap. J., **81**, 17 (1935) und **91**, 408 (1939). (32) Pawsey, J. L., Nature, **158**, 633 (1946). — (33) Reber, G., Ap. J., **91**, 621 (1940). — (34) Reber, G., Ap. J., **100**, 279 (1944). — (35) Reber, G., Nature, **158**, 945 (1946). — (36) Righini, G., Atti R. Acc. Italia XIV. **159** (1943). — (37) Ryle, M. und Vonberg D. D., Nature, **158**, 339 (1946). — (38) Saha, M. N., Nature, **158**, 549 (1946). — (39) Saha, M. N., Nature, **158**, 717 (1946). — (40) Sander, K. F., Nature, **159**, 506 (1947). — (40a) Schott, E., Physikal. Blätter, **3**, 159 (1947). — (40b) Shklovsky, J. S., Nature, **159**, 752 (1947) sowie Russ. Astron. Journ., **23**, 333 (1947). — (41) Southworth, J., Journ. Franklin Inst., **239**, 285 (1944), und **241** (1946). — (42) Struve, O., Journ. Wash. Ac. Sci., **31**, 217 (1941). — (43) Swann, W. F. G., Phys. Rev., **43**, 217 (1933). — (44) Swann, W. F. G., Phys. Rev., **71**, 485 (1947). — (45) Unsöld, A., Physik der Sternatmosphären, Berlin (1938). — (46) Unsöld, A., Naturwiss., **33**, 37 (1946). — (47) Waldmeier, M., Mitt. d. Aargauischen Naturf. Ges., **22**, 185 (1945). — (48) Waldmeier, M., Experientia **1**, 4 (1945). — (49) Waldmeier, M., Experientia **2**, 12 (1946).

Während der Drucklegung erschienen folgende Arbeiten über die „gestörte" Sonnenstrahlung:

(50) Cready, L. L. Mc, Pawsey, J. L. und Payne-Scott, R. Proc. Roy. Soc. (A) **190**, 357 (1947). — (51) Denisse, J. F., Ann. d'Astrophysique **10**, 1 (1947). — (52) Ryle, M. und Vonberg, D. D., Nature **160**, 157 (1947). — (53) Payne-Scott, R. Yabsley, D. E. u. Bolton, J. G., Nature **160**, 256 (1947). — (54) Hey, J. S., Parsons, S. J. u. Phillips, J. W., Nature **160**, 371 (1947). — (55) Thackeray, A, D., Nature **160**, 439 (1947).

Thermische Eigenschaften des Polarsommers, besonders auf Spitzbergen.[1])

Von Ludwig Mecking.

Als Charakterzug polaren Klimas ist die tiefe Sommertemperatur lange bekannt. Besonders kalt erwies sich der südpolare Sommer, womit er schon seit den Expeditionen von James Ross 1840/43 überraschte. Einige markante neuere Vergleichswerte seien hierzu vorausgestellt. Die Mitteltemperaturen der Breitenkreise, mehrfach für die Arktis, neuerdings von Meinardus für die Antarktis errechnet, ergeben für den Pol ebenso wie für den Polarkreis eine Differenz des wärmsten Monats zwischen Nord und Süd von rund 12°. Vergleicht man Ivigtut als einen der südlichsten Landpunkte der Arktis mit der Laurieinsel als nördlichstem rein antarktischem Vorsprung, so unterscheiden sich beide in genau der gleichen Breite liegenden Punkte wieder fast um ebensoviel im wärmsten Monat, um rund 10°. Besonders

[1]) Vortrag, gehalten in der Akad. d. Wiss. Göttingen, math.-nat. Kl., 12. Juli 1947, gewidmet W. Meinardus zum 80. Geburtstag.

weit greift im hohen Süden die Nullgrad-Jahresisotherme in niedere Breiten; von zwei Einbuchtungen südlich Australiens und Südamerikas abgesehen liegt sie das ganze Jahr hindurch diesseits des Polarkreises, ja sie rückt im afrikanisch-indischen Sektor im größten Teil des Jahres bis zum 50. Breitenkreis vor. Noch mehr gilt das von der von Meinardus konstruierten Konvergenzlinie. So weit also greift vom vereisten Kern die Abkühlung der Südhemisphäre hinaus. Vergleichen wir schließlich einmal die Randzone zwischen Land und Meer in Nord und Süd ohne Rücksicht auf Breitenlage, so zeigt sich derselbe Gegensatz dem Sinne nach; obwohl nämlich die arktische Randzone in wesentlich höherer Breite liegt, bleibt ihre Temperatur des wärmsten Monats noch um mindestens 5° höher als die im antarktischen Randgebiet. Dieses ist eine ziemlich einfache schmale Zone, in der Arktis hingegen sehen wir vom Atlantischen Ozean her eine Auffächerung in Inselgruppen und Halbinseln zwischen Nebenmeeren, Buchten und Straßen. Im antarktischen Saum legen sich die Isothermen in Kreisform herum, am ausgeprägtesten im Winter (1). In der Arktis wird die Verteilung viel komplizierter. Da bildet das Meeresbecken nicht entfernt so sehr den Kern, um den die Isothermen sich in so weitgehender Kreisform legen; hier wird vielmehr gerade das winterliche Isothermenbild dieser Regelmäßigkeit völlig beraubt durch das Golfstromsystem, durch die auch gegen das Beringmeer andrängenden warmen Wasser und die zwei kontinentalen Kältepole, wogegen der Sommer mit den Strahlungs- und Schmelzvorgängen über Land und Meer einen solchen Ausgleich schafft, daß sich dann am ehesten eine Kreisform ergibt, etwa in der 5°-Isotherme, die das Polarbecken ungefähr umrahmt (1a). Aber auch dann bleibt die Kreisform doch unvollkommen genug. Ein Abbild dieser Verhältnisse ist die Tabelle der Temperaturdifferenzen zwischen Pol und 70° Breite (Tab. 1). Die Differenz kommt im Januar im Nordmeersektor durch die Golfstromäste auf 39° und verschwindet im Meridianbereich der Neusibirischen Inseln durch den asiatischen Kältepol. Im Sommer ist der Temperaturgradient im einen Sektor kleiner, im anderen größer als der winterliche, aber weitaus gleichmäßiger. Demgegenüber zeigt die Antarktis ihre große Gleichheit der Temperaturdifferenz durch alle Meridiansektoren im Winter wie im Sommer, und das ergibt zwischen beiden Jahreszeiten einen Unterschied, der wieder rundum fast nur zwischen 13 und 15° liegt, während die entsprechenden Differenzwerte in der Arktis sehr verschieden ausfallen.

Wir finden also in der Arktis nur im Sommer eine große örtliche Ausgeglichenheit, in der Antarktis im Sommer wie im Winter. Sieht man nur von der Rosseisplatte ab, so bewegen sich im antarktischen Randgebiet die Mitteltemperaturen des wärmsten Monats zwischen +1 und —4°. In der arktischen Randregion halten sie sich zwischen +1 und +6°, hier mit der Ausnahme der Südwestflanke Grönlands, wo Ivigtut sich mit +10° Julimittel noch um mehrere Grade über die sonstige obere Grenze erhebt. In der übrigen arktischen Randzone aber unterscheiden sich selbst Orte so verschiedener Breite wie Angmagsalik (66° Br.) und Nordwestgrönland (78—80°) nur um 3—4° im Mittel des wärmsten Monats, während sie sich im Februarmittel um etwa 25° voneinander entfernen. Auch Scoresby-Sd. und Danmarkshavn an der Ostküste Grönlands haben trotz ihres Breitenabstandes von 6° sogar genau das gleiche Julimittel (4,5 bzw. 4,4°). Auch im hohen Polarbecken bis gegen den Nordpol hin bleibt die Temperaturlage soeben über dem Nullpunkt, die Framdrift ergab noch 0,1° für den wärmsten Monat. Besonders deutlich lassen die in Tabelle 2 zusammengestellten arktischen Stationen den Gegensatz erkennen, daß sie im Winter weit auseinandergehen, im Sommer eng zusammengerafft sind. Auch ist diese Raffung nicht etwa im Juli oder August am stärksten, sondern im Solstitialmonat mit dem Differenzwert 3,8°. Und läßt man drei extrem kalte Stationen weg, so schrumpft dieser Spielraum des Junimittels gar auf 1,4° zusammen! Dieser weitgehende Wärmeausgleich im Juni unterstreicht den Strahlungseinfluß um so mehr, als noch der April sich an allen Stationen als sehr kalt, meist um 5—10° kälter als der Oktober erweist, wie denn auch an den meisten arktischen Stationen der Temperatursprung vom April zum Mai größer ist als die Temperaturveränderung zwischen irgend zwei anderen aufeinanderfolgenden Monaten. Für die Antarktis zeigt die Tabelle gleichfalls den Monat des Solstitiums als den der größten örtlichen Uniformierung, gleichviel ob man die schon tief in den Kontinent geschobene Station Framheim-Little America mitrechnet oder nicht. Doch geht hier auch bei ihrem Fehlen der örtliche Ausgleich nicht weiter als bis zu einer Spanne von 5°, bleibt also hinter dem der Arktis entschieden zurück. Im übrigen ist bemerkenswert die große Gleichheit der maximalen Differenzen, die (ohne die Roßeis-Station) sich durch die lange Zeit von März bis September in Werten zwischen 18 und 21° bewegen, worin die durchgreifende Kraft des antarktischen Winters sich ausprägen dürfte. Wenn in den so dargelegten Verhältnissen die Antarktis wiederum Besonderheiten gegenüber der Arktis zeigt, so liegt das schwerlich daran, daß dort die meisten Stationen erst ein oder zwei Beobachtungsjahre aufweisen gegenüber den vielfach längeren Reihen der Arktis. Ich möchte vielmehr an einen Gedanken anknüpfen, den Meinardus äußert (1b), indem er aus der erstaunlichen Gleichheit von 740 mm, welche die Südpolarstationen rundum im Jahresmittel des Luftdrucks zeigen, folgert, daß die atmosphärischen Verhältnisse in hohen Südbreiten

Tabelle 1. *Temperaturdifferenz zwischen Pol und 70° Br.*[2])

Länge	0°	45° ö.	90° ö.	135° ö.	180°	135° w.	90° w.	45° w.	Größte Diff.	Mittel aller Meridiane
Nord	Nordmeer	Kanin-Halbi.	Jennissei	Neusib. In.	Wrangel I.	Mackenzie	Boothia G.	Grönland		
Januar	39° } Diff.	31° } 23°	9° } —4°	1° } —12°	11° } 7°	8° } 3°	7° } 2°	4° } 4°	38° } Diff.	14,7° } Diff.
Juli	6° } 33°	8° }	13° }	13° }	4° }	5° }	5° }	0° }	13° } 25°	8,3° } 6,4°
Süd	Neu-Schwab. Ld.	Olaf-Ld.	Gauss-Bg.	Adélie-Ld.	Rosseis	Bellingh.-Ld.	Peter-I.	Weddell-M.		
Juli	24° } Diff.	23° } 14,5°	24° } 15,5°	23° } 13,5°	28° } 13°	26° } 15,5°	30° } 19°	24° } 14,5°	7° } Diff.	25° } Diff.
Januar	9,5° } 14,5°	8,5° }	8,5° }	9,5° }	15° }	10,5° }	11° }	9,5° }	6,5° } 0,5°	10° } 15°

[2]) Die Werte der Tabelle sind ermittelt aus den Karten, die Meinardus neuerdings für die Temperaturverteilung im Meeresniveau in beiden Polarkalotten entworfen hat: Köppen-Geiger a. a. O. U 19—21 und Klutes Handb. d. Geogr. Wiss. Allgem. Geogr. I, S. 156/57, sowie aus den Durchschnittswerten der Breitenkreise von Mohn u. a. (Arktis) und den neueren Werten von Meinardus (Antarktis).

trotz der großen Schwankungen der Monatsmittel „*eine große Konstanz von Jahr zu Jahr* aufweisen und sich immer wieder durchsetzen". Daraus dürfen wir weiter schließen, daß auch bezüglich aller anderen, auch der thermischen Erscheinungen schon eine kurze Beobachtungsreihe weitgehend *mittlere* Verhältnisse trifft, daß also auch dem verschiedenen Bilde, das uns der Jahresgang der Temperatur rund um die Arktis und die Antarktis zeigt, eine gewisse Realität zukommen wird.

Die bisherigen Feststellungen lassen vor allem zwei Fragen aufwerfen: 1. Woher rührt der große Unterschied zwischen Arktis und Antarktis? 2. Woher die Gleichmäßigkeit, d. h. die Kleinheit des Intervalls, in welchem der Norden im ganzen, der Süden in seiner Randzone die Temperatur des Sommers hält? Die Erklärung muß auf die allgemeine Basis der Gestaltung des Polarsommers zurückgreifen: das Eis. Dessen Schmelze und Verdunstung beansprucht die dauernd zugestrahlte Wärme so weit, daß eine Erhebung der Temperatur weit über den Nullpunkt ausgeschlossen ist, während andererseits der Ausstrahlung der Schnee- und Eisflächen durch die beständige Sonnenstrahlung genügend entgegengearbeitet wird, um die Temperatur auch nicht mehr unter 0° sinken zu lassen. Da diese nämlichen Bedingungen weithin herrschen, verliert auch die Windrichtung an thermischem Einfluß; wo etwa von niedrigen Breiten her wärmere Strömungen andrängen, können die auf ihnen lagernden Luftmassen nicht wesentlich die den Strahlungs- und Schmelzvorgängen entsprechenden Wärmegrade übersteigen. Erst im Winter gelangen sie zu viel größerer Wirksamkeit, so daß z. B. Spitzbergen eine um 12° höhere Mitteltemperatur des kältesten Monats erhält als Danmarkshavn in Nordostgrönland auf gleicher Breite. Unter ähnlichem Hinweis auf diese verschiedenen Faktoren hat Meinardus (2) die gleichmäßige sommerliche Temperaturverteilung als eine allgemeinere Eigenschaft des südpolaren Klimas angesprochen und des weiteren den stärkeren Vertikalausgleich betont, der ebenfalls nicht solche Wandlungen wie zur Zeit winterlicher Temperaturinversionen zuläßt. Diese scheinen in der antarktischen Meteorologie eine geradezu entscheidende Rolle zu spielen, worauf besonders eindringlich Barkow hinwies (3).

Was im Winter die Advektion bedeutet, zeigt Spitzbergen nicht nur in dem erwähnten Gegensatz zu Nordostgrönland, sondern selbst in den feineren Unterschieden zwischen den einzelnen Abschnitten seiner Westküste (Tab. 3), die man noch auf die Wirkung und das Verhalten des warmen Stromzweiges zurückführen muß. Legen wir hier die von Birkeland und Föyn vergleichbar gemachten Reihen zugrunde (4), so stellt sich der Unterschied zwischen Quade Hook und Green Harbour im Februar und im März auf 3,4 bzw. 3,8°. Um so viel ist der nördlichere Punkt wärmer; der Westspitzbergenstrom berührt nämlich gerade in der höheren Breite der Westküste das Land unmittelbarer, während er weiter südlich durch kaltes, von Osten kommendes Wasser von der Küste getrennt bleibt. Die erwärmende Wirkung des Stromes verringert sich aber deutlich in der wärmen Zeit. Schon die den beiden kältesten benachbarten Monate Januar und April zeigen zwischen den erwähnten Punkten nur mehr die Differenz von 2°. Vollends für den Höhepunkt des Sommers dürfte der erwärmende Einfluß ganz belanglos sein, wie aus den folgenden Vergleichen ersichtlich wird. Zunächst wird die Differenz zwischen

Tabelle 2. *Temperatur in °C.*

Station	Breite	Länge	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1. Jan Mayen	70° 59′ N	8° 18′ W	— 5,1	— 5,6	— 6,3	— 3,8	— 1,3	+ 2,3	+ 4,7	+ 5,4	+ 3,4	— 0,1	— 2,8	— 4,7
2. Bären-Insel . . .	74° 28′ N	19° 17′ E	— 9,4	—11,2	—11,0	— 7,6	— 2,3	+ 1,7	+ 4,2	+ 3,6	+ 1,9	— 1,7	— 6,3	— 7,5
3. Quade Hook Ebeltofthafen . .	79° 00′ N	11° 40′ E	—14,1	—15,7	—14,7	—11,4	— 4,4	+ 1,6	+ 4,5	+ 3,9	— 0,1	— 5,9	—11,2	—12,4
4. Green Harbour . .	78° 02′ N	14° 14′ E	—16,1	—19,1	—18,5	—13,5	— 4,8	+ 1,9	+ 5,4	+ 4,6	+ 0,1	— 5,8	—11,8	—14,3
5. Franz-Joseph-Land	80° 00′ N	50° 00′ E	—26,7	—27,3	—23,6	—17,6	— 8,7	— 1,0	+ 1,3	+ 0,6	— 5,4	—15,4	—22,1	—23,7
6. Matotschkin-Schar.	73° 17′ N	54° 21′ E	—15,5	—22,0	—15,3	—13,2	— 6,8	+ 1,5	+ 4,5	+ 5,2	— 0,4	— 5,4	—12,9	—19,6
7. Gydaviken	72° 20′ N	76° 07′ E	—30,6	—33,9	—20,4	—17,6	— 8,6	— 1,5	+ 1,3	+ 1,7	— 1,7	—11,6	—17,6	—22,4
8. Ssagaßtyr	72° 23′ N	124° 05′ E	—36,5	—38,0	—34,4	—21,7	— 9,6	± 0,0	+ 4,9	+ 3,5	+ 0,3	—14,7	—26,9	—33,5
9. Banks-Straße . .	73,8° N	114,9° W	—35,5	—35,3	—31,1	—19,4	— 8,9	+ 1,3	+ 3,7	+ 1,6	— 5,1	—17,4	—24,6	—30,1
10. Fox-Channel . . .	67,2° N	84,7° W	—31,2	—31,9	—27,5	—16,6	— 4,9	+ 0,9	+ 4,4	+ 1,9	— 2,4	—10,7	—21,7	—29,3
11. Cumberland-Sund .	66,5° N	67,1° W	—29,0	—31,6	—23,0	—13,4	— 2,0	+ 2,1	+ 5,8	+ 5,8	+ 2,0	— 6,3	—15,9	—23,1
12. Ellesmere-Land . .	76,6° N	87,1° W	—36,8	—28,8	—32,4	—23,9	—10,5	+ 0,9	+ 3,0	+ 0,7	— 6,5	—18,7	—26,2	—30,8
13. Thule	76° 30′ N	68° 55′ W	—29,2	—29,4	—26,2	—17,3	— 5,0	+ 1,5	+ 4,7	+ 3,8	— 2,2	—10,0	—18,0	—25,2
14. Upernivik	72° 47′ N	56° 07′ W	—21,8	—23,2	—21,3	—14,3	— 3,8	+ 1,8	+ 4,9	+ 4,9	+ 0,8	— 4,0	— 9,9	—17,0
15. Scoresby-Sund . .	70° 30′ N	22° 00′ W	—17,4	—18,7	—16,8	—12,4	— 4,4	+ 1,8	+ 4,5	+ 3,3	— 0,2	— 7,0	—12,7	—15,5
16. Danmarkshavn . .	76° 46′ N	18° 45′ W	—21,9	—27,4	—22,4	—19,5	— 7,3	+ 1,1	+ 4,4	+ 2,2	— 4,0	—14,4	—20,4	—20,9
Max. Differenz zwischen 2 Stationen			31,7	32,4	28,1	20,1	9,2	**3,8**	4,1	4,8	9,9	18,6	24,1	32,1
Max. Differenz zwischen 2 Stationen	(ohne Nr. 5, 7 und 8)							**1,4**						
1. Belgica-Trift . . .	70° 35′ S	86° 21′ W	— 1,2	— 1,1	— 8,9	—11,8	— 6,5	—15,5	—23,7	—11,3	—18,6	— 7,8	— 6,9	— 2,3
2. Port Circoncission .	65° 10′ S	64° 14′ W	+ 1,0	+ 1,4	+ 1,0	— 5,0	— 5,1	— 6,5	— 6,8	— 5,7	— 5,9	— 2,4	— 1,1	+ 1,0
3. Port Charcot . . .	65° 04′ S	64° 02′ W	+ 0,5	— 0,4	— 1,2	— 5,2	—10,4	—11,2	—19,2	— 6,4	— 3,5	— 7,4	— 0,3	— 0,4
4. Paulet-Insel . . .	63° 35′ S	55° 50′ W	— 0,9	— 2,1	— 8,1	—11,3	—15,2	—15,9	—13,6	—12,4	—13,6	— 3,3	— 4,1	— 1,0
5. Snow Hill	64° 22′ S	57° 00′ W	— 0,9	— 3,6	—10,3	—13,8	—18,2	—19,7	—20,8	—19,2	—15,6	— 9,5	— 8,1	— 2,0
6. Laurie-Insel . . .	60° 44′ S	44° 39′ W	+ 0,1	+ 0,1	— 0,7	— 3,4	— 7,2	—10,8	—11,2	— 9,9	— 6,9	— 4,2	— 2,2	— 0,8
7. Endurance-Trift .	72° 43′ S	44° 27′ W	— 3,9	—13,8	—17,2	—18,7	—19,1	—22,6	—25,1	—23,1	—21,8	—14,3	— 6,6	— 3,6
8. Deutschland-Trift .	69° 05′ S	38° 22′ W	— 2,1	— 5,6	—10,6	—16,0	—22,3	—25,9	—26,0	—23,0	—12,9	—10,2	— 6,8	— 2,0
9. Gauss-Station. . .	66° 02′ S	89° 38′ E	— 0,9	— 3,1	— 8,3	—15,6	—14,1	—17,5	—18,1	—21,9	—17,7	—12,9	— 6,9	— 1,3
10. Kap Denison . . .	67° 00′ S	142° 40′ E	— 0,9	— 4,4	—10,9	—16,6	—18,2	—20,2	—19,6	—18,0	—18,4	—15,0	— 8,2	— 2,9
11. Kap Adare	71° 18′ S	170° 09′ E	— 0,2	— 2,8	— 7,4	—12,6	—19,0	—25,8	—24,4	—25,3	—21,9	—18,1	— 7,5	— 1,4
12. Mc-Murdo-Sund .	77° 42′ S	166° 29′ E	— 4,7	— 9,0	—15,3	—22,7	—23,6	—24,4	—25,9	—25,9	—24,3	—19,0	— 9,9	— 4,0
13. Framheim-Little America . .	78° 38′ S	163° 37′ W	— 7,1	—14,2	—22,6	—29,5	—31,5	—27,8	—39,4	—39,1	—38,9	—25,8	—17,1	— 7,3
Max. Differenz zwischen 2 Stationen			10,1	15,6	23,6	26,1	26,4	21,3	32,6	33,4	35,4	23,4	16,8	**8,3**
Max. Differenz zwischen 2 Stationen	(ohne Nr. 13)		5,7	15,2	18,2	19,3	18,5	19,4	19,2	20,2	20,8	16,6	9,6	**5,0**

Tabelle 3.

	Januar		Februar		März		April	
Ebeltofthafen-Quade Hook 79° N 11° 40′ O	—14,1°	Diff. 2°	—15,7°	Diff. 3,4°	—14,7°	Diff. 3,8°	—11,4°	Diff. 2,1°
GreenHarbour 78° 2′ N 14° 14′ O	—16,1°		—19,1°		—18,5°		—13,5°	

Küstenpunkten gleicher Breite in Westspitzbergen und Ostgrönland gleich Null, Danmarkshavn hat genau die gleiche Julitemperatur von 4,5° wie das Südkap Spitzbergens. Man darf sich wohl auch den Unterschied der Landesnatur zwischen Westspitzbergen und Nordostgrönland wenigstens im eisfreien Küstengebiet nicht zu groß vorstellen; zählt doch Spitzbergen von höheren Pflanzenarten nur 25% mehr als jene Küste Grönlands, und diese wiederum verhält sich nicht wesentlich schlechter als die von Nordwestgrönland (5). Vergleichen wir dann wieder innerhalb der Westküste Spitzbergens einzelne Abschnitte miteinander, so sehen wir die Temperatur im Sommer nicht mehr mit der Breite zu-, sondern abnehmen, und zwar um genau 1° pro 1° Breite zwischen 78 und 80° (Tab. 4). Erst im südlichen Drittel

Tabelle 4.

Mosselbai-Treurenburgbai auf	80° Breite	3,5° Julimittel	
Quade Hook	„ 79° „	4,5°	„
Green Harbour	„ 78° „	5,4°	„
Bellsund	„ 77½° „	5,0°	„
Storö	„ 77° „	4,5°	„
Bäreninsel	„ 74½° „	4,2°	„

der Küste scheint wenigstens der kalte Strom um das Südkap einen geringen abkühlenden Einfluß auszuüben; denn in Bellsund und Storö liegt die Temperatur um 0,4 bzw. 0,9° niedriger als in Green Harbour. Vergleichen wir endlich mit den Stationen Südwestspitzbergens die an der Ostseite im Storfjord aufgereihten, so erweisen sie sich nur um etwa ½° kühler. Es scheint demnach ein weitgehender Ausgleich im ganzen Archipel zu herrschen. Die allgemeine Abkühlung der Golfstromspitze ist offenbar in der Breite Spitzbergens soweit gediehen, daß die Temperatur sich kaum mehr nennenswert erhebt über diejenige Lage, die im Hochsommermonat den eisfreien Inselflächen schon durch die Strahlungsverhältnisse zukommt.[3]) Daß auf Franz-Josephs-Land der Juli etwa 2° kälter ist als an der Nordküste Spitzbergens, hat wohl mindestens in demselben, wenn nicht in höherem Maß als im Fehlen wärmerer Wassermassen seinen Grund in dem Mangel eisfreien Landes und in der noch höheren Breite. Dagegen bietet gerade Spitzbergen reichlich eisfreie Hänge, Spitzen und Flächen zur Bestrahlung dar, die zusammen kein geringes Areal ergeben. Es muß nur im Frühjahr frei von Schnee werden, um sich dann zu einer Art Wärmeakkumulator zu entwickeln. Es liegt sogar nicht fern, den hohen Juliwert im Hintergrund des Eisfjords, der den Wert aller Außenpunkte übertrifft, auf die Einstrahlung zurückzuführen (wenn auch noch andere Momente, etwa die gegenüber der Außenküste größere Nebelfreiheit, im Spiel sein mögen). Denn der sehr grobe kantige Schutt, der hier in ganzen Bändern sehr regelmäßig, oft in mehreren Stockwerken die Berghänge umzieht, ist nicht durchfeuchtet wie die Talsohle und bildet überdies eine vielfältige Auffangfläche der Strahlen. Zwar knüpft sich an diese Hänge eine gewisse Stufenvereisung (6), aber nicht in besonders großer Ausdehnung. In der Hauptsache hat man vielmehr den Anblick freiliegender steiler Hänge (6a). Auch bildet der Fjord nicht einen einzigen engen Zug, sondern zeigt eine fächerförmige Aufgliederung, so daß zu jeder Tageszeit ein großer Teil der Hänge unter steileinfallender Strahlung liegt.

Noch keine Beobachtungsreihe liegt vom Nordosten Spitzbergens vor. Aber wenn man die übrige Regelmäßigkeit der Verteilung bedenkt, erscheint die Extrapolation nicht allzu gewagt, daß sich für die entrückte, auf Land und Wasser stark vereiste Nordostecke ein Julimittel von höchstens 2,5° ergeben wird.

Anders wieder als Spitzbergen verhält sich die Bäreninsel. Sie ist als eigener wärmehaltiger Körper zu winzig, hier wird das in die Golfstromtrift einkeilende kalte Wasser maßgebend und bewirkt gerade zur Zeit der größten Erwärmung eine gegenüber Spitzbergen zurückbleibende Temperatur mit dem Julimittel 4,2° trotz der niedrigeren Breite. Im August 1932 traf ich hier bei zweimaliger Überquerung die Temperatur des Wassers 5—6° niedriger als nördlich und südlich der Insel. In derselben Richtung mag der besonders starke Nebel wirken, der die Bäreninsel selten den Blicken eines Vorbeifahrenden enthüllt.

Auf Spitzbergen stellt sich jene große regionale Ausgeglichenheit des Sommers in einen besonders krassen Gegensatz zur winterlichen Wärmeverteilung, obwohl im Winter die Winde mehr aus dem gleichen Quadranten, dem östlichen, wehen. Schon A. Wagner (6b) konnte auf Grund der damals erst fünfjährigen Reihe auf die im Winter so bedeutenden Unterschiede in den Monatsmitteln und auch einzelnen Tagesmitteln hinweisen, wie man sie zwischen so nah benachbarten Stationen wie Green Harbour und Advent-Bai (30 km Entfernung) nicht erwarten sollte. Er zog zur Erklärung einerseits den Höhenunterschied von nur 25 m heran, der auf Grund der Bodeninversion schon die beträchtliche Temperaturdifferenz von etwa 2° ergibt, andererseits den Einfluß der Winde, die in Advent-Bai oft stürmisch sind, wenn in Green Harbour schwache Winde oder Stillen herrschen. Im Tagesmittel konnte dadurch Green Harbour selbst bis 17° kälter als Advent-Bai sein. Wir können nun auf Grund der langen und vergleichbar gemachten Beobachtungsreihen einen örtlichen Vergleich entweder auf das ganze Inselland ausdehnen oder nur auf die Westküste, an der sich schon vier Stationen aufreihen bzw. durch Zusammenziehung von benachbarten Stationen vier Werte berechnet sind. Auch hier benutzen wir wieder zweckmäßig die auf die gleiche Periode reduzierten Werte von 1912 bis 1926 (Köppen-Geiger L. 34). Die neun Stationen des Archipels verteilen sich so, daß vier an der Ost- und Nordküste, vier an der Westküste und eine tiefer im Innern, im Hintergrunde des Eisfjords liegt. Sucht man für jeden Monat die größte Differenz, die sich zwischen den Mittelwerten von irgendwelchen zwei Stationen ergibt, so erweisen sich diese Unterschiede in den Wintermonaten durchweg um mehrere Grade größer als in den Sommermonaten. In der folgenden Tabelle 5 enthält die obere Reihe diese Differenzen unter

Tabelle 5.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4,1	**6,2**	5,6	4,5	3,0	3,7	2,7	**1,9**	2,2	4,7	2,4	3,2
4,1	3,7	3,8	**4,5**	1,9	1,0	0,9	1,0	**0,3**	1,6	1,7	3,2

Berücksichtigung aller neun Stationen. Danach sinken die Differenzwerte im Sommer bis 1,9° (August) und steigen im Winter bis auf 6,2° (Februar). Ermittelt man sie nur zwischen den vier Stationen der Westküste, so ergibt die untere Zahlenreihe das nämliche Bild, nur noch klarer und gleichmäßiger, indem die vier warmen Monate mit Werten zwischen 0,3 und 1,0 eine außerordentliche Gleichheit, die Wintermonate dagegen die großen Differenzwerte bis zu 4,5° zeigen. Die vier Sommermonate sind zugleich die, bei denen durchweg und allein die Mitteltemperatur positiv ist.

[3]) Vgl. weiter unten die Angaben über Wassertemperaturen vor der Westküste.

Ein paar Einzelmessungen seien hier angeführt, die ich selbst Mitte August 1932 gewann und die sich jenen allgemeinen Verhältnissen völlig einfügen. An der ganzen Westküste lag damals die Lufttemperatur zwischen 4 und 5,5°, und erst nördlich von 80° Breite nahe der Eisgrenze sank sie bis unter 1°, während sie südlich von 76° Breite sich über 6° erhob. Auch die Wassertemperatur fand ich im mittleren und nördlichen Teil der Westküste gleichmäßig hoch, meist noch 0,5 bis 1° höher als die Lufttemperatur, abgesehen wieder von der Nähe der Eisgrenze, wo sie um 1,4° unter die Lufttemperatur sank bis zu negativen Werten. Ganz ähnlich hohe Wassertemperaturen hatte ich auch im Sommer 1906 vor der Küste gemessen, und zwar noch nahe an 80° Breite 5,0 bis 5,2°! Das Südende Spitzbergens war 1932 zwar in kälteres Wasser gehüllt (3° und weniger), während die Luft auch hier 4,7° aufwies, also die normale Temperaturlage der Westküste teilte. Der Eisfjord zeigte ziemlich weit drinnen, vor der Advent-Bai, die gleichen Verhältnisse: Lufttemperatur um 5°, Wasser etwas wärmer bei westlichen bis südlichen Winden.

Mit der im regionalen Sinn so weitgehend ausgeglichenen Gestaltung des Spitzbergen-Sommers verbindet sich eine große Gleichförmigkeit auch in zeitlicher Hinsicht, wogegen die winterlichen Temperaturverhältnisse, wie schon von mehreren Autoren (A. Wagner, Mortensen, Knothe) betont ist, ganz auffallend unbeständig sind, so daß auch mitten im Winter selbst an der Nordküste Tauwetter auftreten kann. Dieser Gegensatz im Ausmaß kurzfristiger Schwankungen ist bei Spitzbergen ungleich größer als in Danmarkshavn. Das zeigt deutlich schon eine Gegenüberstellung von zwei Jahreskurven des Temperaturverlaufs, wie sie K. Wegener (7) gab. Auch im amerikanisch-arktischen Archipel und an der Lenamündung ist in der täglichen Veränderlichkeit der Kontrast zwischen Sommer und Winter zwar groß, etwa 1 : 3, doch auf Spitzbergen 1 : 5, und im Polarmeer wird er anscheinend noch etwas größer, da die Fram- und Maudtrift nach Sverdrup (8) für Juli 0,55°, Februar 4,4° ergibt, also das Verhältnis 1 : 8! Mustern wir von Green Harbour die Reihe 1912—26, so finden wir in keinem Sommer das Mittel des wärmsten Monats niedriger als 3,3°; es entfernte sich nur minimal vom Gesamtmittel. Überhaupt hält sich die absolute Variabilität eines Monatsmittels in den vier wärmsten Monaten Juni—September in den Grenzen von 3,5 bis 6°, während sie für jeden der Wintermonate Dezember—März den Betrag von 15° und im Januar sogar 20° übersteigt. Eine solche Verschiedenheit im Verhalten von Sommer und Winter ist zwar dem Sinne nach eine allgemein verbreitete Erscheinung, jedoch vielfach nur im Verhältnis 1 : 2 oder 1 : $1^1/_2$ (9). Wie sehr sich aber Spitzbergen heraushebt, mögen einige Vergleiche zeigen, zunächst mit dem außerpolaren Stockholm. Die mittlere Abweichung der Monatsmittel ergibt bei Stockholm nur den minimalen Unterschied von 2,1° (Januar) und 1,4° (Juli), für Angmagssalik einen wenig größeren: 2,3° (Januar) und 0,9° (Juli) aus 38 Jahren, erst für Jakobshavn ähnliche Werte wie für Spitzbergen, nämlich 4,0° im Januar und 0,7° im Juli (aus 57 Jahren), doch für Spitzbergen den wieder noch größeren Kontrast: Januar 5,4°, Juni 0,7° (aus 15 Jahren), also fast das Verhältnis 1 : 8. Im Winter kommt eben Spitzbergen durch die dann höheren meridionalen Temperaturgradienten und zugleich die in hohe Breite reichende verstärkte Zirkulation recht in die Schwellenlage zwischen vereistem Meer und warmen Strömungen, zudem wird der Ausstrahlung je nach heiterem und bedecktem Himmel ein weit vergrößerter Spielraum gewährt, auch kann das Vorhandensein oder Fehlen einer Temperaturinversion einen sehr verschiedenen Einfluß gewinnen, und alles zusammen trägt zu der bedeutenden Instabilität des Winters bei. Warum hebt sich nun aber nicht in Nordostgrönland ebenso der Winter durch viel größere zeitliche Variabilität vom Sommer ab? Offenbar deshalb, weil hier die Schwellenlage zwischen Wärme- und Kältequelle fehlt, die kein nordpolares Inselland so auszeichnet wie Spitzbergen, und die ich früher als „Eckpfeilerlage" gekennzeichnet und näher erläutert habe (Polarländer S. 35). In Nordgrönland ist ein vereistes Land von stets eisbedecktem Meer umgeben. Erst die wieder vom Golfstromwasser begünstigte Südwestflanke Grönlands zeigt die für Jakobshavn schon erwähnte Annäherung an Verhältnisse Spitzbergens.

Es fragt sich nunmehr, wie sich in diesen Erscheinungen die Antarktis verhält. Sie erweist sich als nicht so einheitlich, wie man es nach der Gleichförmigkeit der Land-, Wasser- und Eisverhältnisse erwarten möchte, vielmehr ergeben sich große regionale Verschiedenheiten. In der Ostantarktis zunächst liegen drei ziemlich voneinander entfernte Stationen unter gleicher Breite und auch sehr ähnlichen Eisbedingungen: Gauss-Station, Kap Denison und Kap Adare (10). Die örtliche Gleichmäßigkeit der Temperaturen zeigt sich auch hier im Sommer etwas mehr als im Winter. Vergleicht man hingegen an ein und derselben Station die verschiedenen Jahre miteinander, also die zwei Beobachtungsjahre von Kap Denison unter sich und ebenso die zwei von Kap Adare, so ergibt sich zwischen Sommer und Winter nur ein sehr geringer Unterschied in der Größe der Variation der Monatsmittel. In dem an die Ostantarktis grenzenden Küstenabschnitt des Rossmeeres erweisen sich die örtlichen Verschiedenheiten zwischen Kap Adare und Mac-Murdo-Sund sogar im Winter geringer, im Sommer größer! Im Winter lauten die Mittelwerte beider Stationen —25,2° und —25,4°, also fast völlig gleich, im Sommer aber —1,5° und —5,9° (11). Es handelt sich hier zwar um verschiedene Jahre und nur wenige, was den Vergleich beeinträchtigt, aber auffällig genug ist es, um die Frage weiter im Auge zu behalten. Die zeitlichen Variationen sind auch am Rossmeer wieder im Winter größer als im Sommer, sowohl die interdiurne Veränderlichkeit wie die mittlere Abweichung der Monatstemperaturen, letztere im Süden des Rossmeeres im Winter etwa doppelt so groß wie im Sommer (12) (auf die interdiurne ist noch einmal zurückzukommen).

Ganz anders nun verhält sich die Westantarktis. Hier ist ein schmaler Keil des antarktischen Landes in den Wasserring vorgereckt, der besonders auf der Westseite sich durch Einschüsse von Norden her (13) als relativ warm erweist, so daß eine Schwellenlage ähnlich derjenigen Spitzbergens sich ergibt. Demgemäß treffen wir sofort den großen Gegensatz zwischen Sommer und Winter, und zwar im gleichen Sinn wie auf Spitzbergen, also gerade entgegengesetzt der Ostantarktis bzw. dem Rossmeer. Verglichen seien zunächst die zwei dicht nebeneinanderliegenden Stationen Port Charcot und Port Circoncision: beide stimmen im Sommer fast überein, haben im Januar +0,5 bzw. 1,0°, im Dezember —0,4 bzw. 1,0°, entfernen sich dagegen im Winter um 5—12° mit Temperaturen des Juni von —11,2° bzw. —6,5°, des Juli von —19,2 bzw. —6,8°! Auch die nahe Pauletinsel könnte man noch im gleichen Sinn heranziehen. Was sodann die zeitliche Beständigkeit betrifft, so gestattet einmal Snow Hill und dann die Laurieinsel den Vergleich. Auf Snow Hill unterscheiden sich sowohl der Juli wie der August in zwei aufeinanderfolgenden Jahren um 7°, der März hingegen nur um

2°, der April nur um 1° (für den Hochsommer fehlt die genügende Unterlage) (14). Auch plötzliche Schwankungen zeigen hier ihre extremen Werte und größte Häufigkeit im Hochwinter, und gleichfalls entsprechend verhält sich die Veränderlichkeit (15). Noch deutlicher redet die Laurieinsel, die trotz der niedrigen Breite von 60° 44′ noch ganz dem antarktischen Regime angehört. Hier weist unter fünf Lustrenmitteln (16) der Juli ein maximales von —8,5° und ein minimales von —13,3° auf, während sich im Dezember die fünf Mittel nur zwischen —0,4° und —1,0° bewegen. Ähnlich zeigt die mittlere Abweichung der Monatstemperaturen ein Verhältnis, das wenigstens dem des vom Golfstromwasser erreichten Jacobshavn nahekommt, und auch die interdiurne Veränderlichkeit ergibt zwischen Sommer und Winter das extreme Verhältnis 1 : 7 (Tab. 6). Dieses Extrem ist um so bemerkenswerter, als die subantarktischen Inseln den Unterschied

Tabelle 6. *Interdiurne Veränderlichkeit*

		Monatsmittel höchstes	Monatsmittel niedrigstes	Verhältnis
Subant.	Südgeorgien	2,8	1,3	2 : 1
	Falklandinseln	1,3	0,9	1½ : 1
Westantarktis	Belgicatrift	5,4	0,8	7 : 1
	P. Charcot-Circoncision	4,0	0,6	7 : 1
	Laurieinsel	5,1	0,7	7 : 1
	Snow Hill	5,0	0,7	7 : 1
	Deutschland-Trift	5,0	0,8	6 : 1
Ostantarktis Außenk.	Gauss-Station	5,0	0,8	6 : 1
	K. Denison	3,0	0,7	4 : 1
	K. Adare	4,8	1,0	5 : 1
Ostantarktis Rossmeer	Discoverie-St. (W.)	3,6	1,1	3 : 1
	M. Murdo-Sd. (W.)	3,6	1,4	2½ : 1
	Framheim (O.)	7,3	1,6	4½ : 1
	Little America (O.)	6,7	1,4	5 : 1
Mittelwerte	Westantarkt. Vorsprung			7 : 1
	Ostantarktis Aussenküste			5 : 1
	Rossmeerbucht			2½ : 1 bis 5 : 1

schon bedeutend abschwächen (Südgeorgien 1 : 2, Falkland 1 : 1½) und Südamerika ihn umkehrt. Überhaupt kann die interdiurne Veränderlichkeit noch einmal den klaren Unterschied von drei oder vier Regionen des Randgebietes dartun. Die Tabelle 5 habe ich gruppiert aus Werten, die Meinardus über die Veränderlichkeit auf der Südhemisphäre (17) verfügbar gemacht hat. Die im ganzen kleinsten Werte hat danach das am tiefsten in den Kontinent greifende Rossmeer, wobei noch der Unterschied zwischen Ost und West der Eisplatte auffällt. Größer und untereinander mehr gleich sind die Werte der drei Stationen, die an der gleichförmigsten Außenküste, der der Ostantarktis, sich aufreihen. Schließlich die höchsten und unter sich einheitlichsten Werte zeigen die zu fünf Punkten zusammengefaßten Gebiete der Westantarktis, besonders ihr weitester Vorsprung, die Laurieinsel. Deren Werte werden zwar im Winter von Framheim und Little America übertroffen, sind dafür aber im Sommer niedriger, und beides ist bezeichnend für die ganze Situation: das Rosseis ist im Winter noch mehr zentralantarktisch, bleibt es aber auch im Sommer.

Die Übereinstimmung unseres Landvorsprungs in allen seinen Verhältnissen mit Spitzbergen ist ebenso eklatant wie die zum Teil abweichenden Tendenzen auf verschiedenen Strecken der Ostantarktis. Das auf den ersten Blick zwar Entgegengesetzte, doch in der thermophysikalischen Wirkung Übereinstimmende in den Grundlagen Spitzbergens und der Westantarktis liegt wohl darin, daß bei Spitzbergen ein warmer Meereszipfel sich in die eisbedeckten Land- und Wasserflächen vorschiebt, in der Westantarktis ein vereister Kontinentalkeil in die im ganzen naturgemäß wärmere Wasserumgebung ragt. Als Analoga erweisen sich beide Regionen auch in unserer ersten Tabelle mit dem Höchstwert von 39° im Januar des Nordmeers und dem von 30° im Juli des Belgicameeres (Peter-I.) sowie den zugehörigen Differenzwerten 33 und 19, den höchsten der Meridiansektoren. Ich möchte glauben, daß in den beiden Fällen die horizontale Advektion eine noch größere Rolle spielt als die Bodeninversion und ihre turbulente Aufwühlung. Dafür spricht mir auch die Tatsache, daß im westlichen Grahamland im Sommer die Winde zwischen südlichen und nördlichen Richtungen nur einen minimalen Temperaturunterschied aufweisen (—1,2° und +0,2°), im Winter aber einen viel größeren (18).

Mit den so gewonnenen Erkenntnissen über die örtliche und zeitliche Ausgeglichenheit des Polarsommers im allgemeinen und namentlich in Spitzbergen und der Westantarktis läßt sich noch eine letzte Erscheinung in Verbindung bringen, die wieder besonders Spitzbergen betrifft. Bekannt ist die seit Jahrzehnten beobachtete und seit 1920 geradezu sprunghaft gestiegene Erwärmung der Arktis. Sie scheint ihr Zentrum gerade in Spitzbergen zu haben. Hier geht sie nach Scherhag (19) parallel mit einem starken Rückgang der Meereisgrenze, die in manchen Jahren den Archipel im Juni und Juli völlig freigibt. Dieser Rückgang wiederum ist mit Erhöhung der Wassertemperaturen des Barentsmeeres verbunden, die nach Berg in der Zeit von 1912 bis 1928 nahezu 2° betragen hat (20). Auch der Westspitzbergen-Golfstrom hat seine Wärme beträchtlich erhöht, und die Dorschfänge sind in den Gewässern Spitzbergens wie in denen Grönlands gewaltig gestiegen (21). Betrachtet man nun die Erwärmung getrennt nach Jahreszeiten, so springt sehr scharf hervor, daß der Vorgang einseitig den Winter betrifft und die sommerliche, besonders hochsommerliche Temperatur nahezu unberührt läßt. Eine Tabelle von A. Wagner (22), welche die Zeiträume 1903—32 und 1873—1902 miteinander vergleicht, läßt uns nur für Sibirien und Nordamerika eine etwas erheblichere Sommererwärmung erkennen, für Werchojansk sogar im Mittel um 2,5°, und vom Umkreis des Nordatlantischen Ozeans hebt sich noch Upernivik in Westgrönland mit einem um 1,3° erhöhten Sommerwert heraus, während bei allen anderen Stationen dieses Umkreises die Erwärmung des Sommerquartals, sofern sie überhaupt vorhanden ist, höchstens 0,7° erreicht, die winterlichen Erwärmungen jedoch den mehrfachen Betrag des Sommers. Für Jacobshavn weist eine andere Tabelle bei Wagner (23) in den Dezennienmitteln von 1883 bis 1932 eine allmähliche Steigerung der Wintertemperatur um 5°, der des Sommers nur um 1° auf. Am krassesten zeigt sich der Unterschied wieder bei Spitzbergen. Während hier der Winter 1937—38 im Mittel um 16° wärmer war als 1916—17 und das Januarmittel zwischen —26,2° (1918) und —2,4° (1937) variiert (24), schwankt das Julimittel der Reihe 1912—26 nur zwischen 3,3 und 7,5° und ergibt sogar den gleichen Mittelwert von 5,4°, einerlei ob man diese 15jährige Reihe oder eine bis 1931 verlängerte verwendet (25). Diese Unberührtheit des Sommers von dem doch gewaltigen Erwärmungsvorgang fügt sich völlig dem Bilde ein, das die voraufgegangenen Betrachtungen uns über das Verhalten der Jahreszeiten zu den Variationen der Temperatur boten. Zugleich erscheint es damit gerechtfertigt, daß wir unseren Untersuchungen, soweit sie Spitzbergen betreffen, die von Birkeland und Föyn für die Beobachtungs-

periode von 1912 bis 1926 gebildeten Mittelwerte zugrunde legten, statt erst neue aus einer etwas längeren Reihe zu ermitteln.

Eingegangen am 22. November 1947.

Literatur.

(1) Vgl. die Karten von W. Meinardus in Köppen-Geiger, Teil U., S. 19/20, ferner von L. Mecking in Polarländer, S. 123. (Leipzig 1925). — (1a) Vgl. die Karte von L. Mecking ebenda S. 16. — (1b) Meinardus, W., Klimakunde der Antarktis. Köppen-Geiger, Hdb. der Klimatologie, Bd. IV, Teil U, S. 31. — (2) Ebenda, S. 16/17. — (3) Barkow, E., Die meteorolg. Ergebnisse der zweiten Brit. Antarktis. Expedition 1910—13, Ann. d. Hydrographie S. 309 (1921). — (4) Birkeland, B. J., und Föyn, N. J., Klima von Nordwesteuropa usw. — Köppen-Geiger, Handbuch d. Klimatologie Bd. III, Teil L, S. 34. — (5) Vgl. Mecking, L., Polarländer S. 93/94. — (6) Drygalski, E. v., Spitzbergens Landformen und ihre Vereisung. Abhd. d. bayr. Ak. d. Wiss. Math.-phys. Kl., 25. Bd., 7. Abh., S. 18—19 (1911). — (6a) Mecking, L., Polarländer S. 32/33 mit Kartenskizze. — (6b) Wagner, A., Temperaturverhältnisse Spitzbergens, Sitzber. d. Akd. d. Wiss. Wien, Abtlg. II a Bd. 128, S. 711, 748, 758 (1919). — (7) Wegener, K., Met. Z. S. 60/61 (1916). — (8) Sverdrup, H. U., in Köppen-Geiger, Bd. II, Teil K, S. 12. — (9) Köppen, W., Die Klimate der Erde S. 10 (1923). — (10) Vgl. die Tab. bei Meinardus, W., Antarktis, Köppen-Geiger IV. Teil U, S. 110. — (11) Meinardus, W., ebenda S. 66. — (12) Barkow, E., a. a. O., Annalen d. Hydrographie S. 311 (1921). — (13) Vgl. über die Luftdrucklage, die durch eine Tendenz zum Hochdruckkeil über dem Landvorsprung zwischen einem beharrlichen Weddellmeer-Minimum und einem schwächeren Minimum im Belgicameer gekennzeichnet ist, Mecking, L., Dtsch. Südpolarexped. Bd. III, Met. I, 2. — (14) Meinardus, W., Antarktis in Köppen-Geiger IV. Teil U, Tab. S. 111. — (15) Vgl. Mecking, L., in Dtsch. Südpolarexpedition, Bd. III, Met. I, 2, S. 91. und S. 124—25. — (16) Meinardus, W., Antarktis in Köppen-Geiger IV. Teil U, S. 111. — (17) Meinardus, W., Die interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur, Met. Z. S. 174 (1940). — (18) Mecking, L., in Dtsch. Südpolarexpedition Bd. III, 1, 2, S 96/97, ferner Meinardus, W., Met. Ztschr. Tab S. 228 (1940). — (19) Vgl. darüber Scherhag, R., Eine bemerkenswerte Klimaänderung über Nordeuropa. Ann. d. Hydr. S. 98 (1936). — (20) Wagner, A., Klimaänderungen und Klimaschwankungen, S. 48, Tab. 10. Braunschweig (1940). — (21) Scherhag, R., in Ann. d. Hydr. S. 504—05 (Ref. über A. S. Jensen) (1939). — (22) Wagner, A., a. a. O., S. 10. — (23) Ebenda S. 15. — (24) Scherhag, R., Ann. d. Hydr. S. 62 (1939). — (25) Johansson, O. V., Die Temperaturverhältnisse Spitzbergens, Ann. d. Hydr. Taf. 10, Tab. 2 (1936).

Hydrophysiologie.

Von Otto Harnisch.

Unter „Hydrophysiologie", die hier nur vom Standpunkt des Zoologen aus betrachtet werden soll, verstehe ich das Bestreben, die physiologischen Grundlagen der Tierverbreitung im Wasser zu erkennen. Dabei soll aber nicht die physiologische Untersuchung nur als ein erläuternder Anhang zu hydrobiologischen Forschungen in Erscheinung treten, sondern die Synthese zwischen Hydrobiologie und Physiologie ist in folgender Weise anzustreben: Hydrobiologische Forschung wirft Fragestellungen (Probleme) auf und präzisiert sie soweit, als es mit ihrer Methodik möglich ist. Die so gelieferten Probleme nehmen dann physiologische Untersuchungen zu ihrem Gegenstand. Sie verfolgen diesen rein als physiologisches Problem mit dem Ziel physiologischer Erkenntnis. Die Hydrobiologie hat dann zu prüfen, inwieweit die Ergebnisse der physiologischen Forschung die Probleme der hydrobiologischen Forschung befriedigend zu erklären vermögen, beziehungsweise inwieweit sie neue Fragestellungen auftauchen lassen, die neue Untersuchungen erfordern. Es handelt sich also um eine Synthese zwischen zwei — methodisch recht verschiedenen — Forschungsgebieten, von denen mindestens die Physiologie rein analytisch arbeitet.

Aus diesem sehr großen Aufgabenbereich seien in diesem Aufsatz zwei Teilgebiete herausgegriffen: 1. das Problem der Besiedlung des Brackwassers, und 2. das Problem der Besiedlung respiratorisch schlechter Medien. — Auch diese Gebiete können in diesem Rahmen nicht eingehend dargestellt, sondern nur kurz skizziert werden.

I.

Süßwasser und Meer sind zwei wohl getrennte Großbiotope, von denen jeder seine eigene Fauna hat. Die physiologische Situation der Bewohner dieser Großbiotope ist im allgemeinen durch folgendes gekennzeichnet: Der osmotische Druck der Körpersäfte der Meeresbewohner (Ausnahme Teleostier) ist etwa dem des Meerwassers isoton ($\Delta \sim -2° =$ etwa 500 bis 600 mM); der des Blutes der Süßwassertiere ist zwar gegenüber ihrem Medium erheblich hypertonisch, aber gegenüber dem Meerwasser und auch gegenüber den Körperflüssigkeiten der Meeresbewohner erheblich hypotonisch (höhere Tiere etwa 100—200 mM pro Liter, niedere Tiere noch weniger[1]). Wenn also ein Süßwassertier in Meerwasser kommt, so erleidet es durch das hypertonische Medium Wasserverlust, trocknet also unter Schrumpfung aus, wodurch die Gewebe, die jetzt in hypertonischem Medium suspendiert sind, arbeitsunfähig werden. Umgekehrt erleidet ein Meerestier in Süßwasser starken Wassereinstrom, der es anschwellen läßt und die Gewebe in unphysiologisch geringen osmotischen Druck bringt.

Für den *Ökologen* ist von besonderem Interesse die Überschreitungsmöglichkeit der Grenze zwischen den beiden Großbiotopen und vor allem die Besiedlung des Brackwassers, also des Gebietes verminderter Salinität, d. h. von etwa 0,5 bis 18‰ Salzgehalt. Diese Probleme sind dargestellt in den Referaten von Redeke (1933), Välikangas (1933) und von Remane (1934). Danach haben sich, wie besonders Remane ausgezeichnet klargestellt hat, folgende Fragen ergeben: 1. Es besteht ein ausgesprochenes Artenminimum bei etwa 5—6‰ Salzgehalt. Dieses liegt also nicht bei mittlerem Salzgehalt (etwa 17‰), sondern erheblich nach der limnischen Seite hin verschoben. Es kommt dadurch zustande, daß die marinen Arten an Zahl zunächst etwa stetig abnehmen, bis bei etwa 10‰ ein jäher Absturz der Artenzahl erfolgt. Die entstehende Lücke wird nicht durch ins Brackwasser vordringende Süßwasserarten aufgefüllt. Ihre Zahl zeigt vielmehr vom Süßwasser bis zu etwa 6‰ gleichmäßigen steilen Absturz. Das ausgesprochene Artenminimum bei etwa 6‰ ist also dadurch bedingt, daß die limnischen Formen gegen Erhöhung des Salzgehaltes wesentlich empfindlicher sind als Meerwasserformen gegen seine Verminderung. — 2. Es gibt einige „echte Brackwassertiere", die auf dieses beschränkt sind oder doch in ihm ihre optimale Entwicklung haben. — 3. In den verschiedenen Biotopen des Brackwassers ist die Zusammensetzung der Fauna aus marinen und limnischen Arten bei etwa gleichem Salzgehalt mitunter recht verschieden: der Schlammboden zeigt die größte Anzahl von Brackwasserarten, die geringste an Süßwasserarten; der Sand behält bis tief hinab (untersucht bis etwa 5‰) stark marines Gepräge; im Phytal sind die Einzelelemente etwa gleichmäßig

[1]) $\Delta = -1°$ C = 0.293 Mol Cl (oder Na).

verteilt; im Pelagial dringen die Süßwasserelemente in Arten- und Individuenzahl weiter vor als in den Benthalbiotopen (vgl. Remane 1934). — 4. Das Küstengrundwasser des Meeres zeigt bei durchschnittlich 6‰ (2—15‰) Salzgehalt stark marines Gepräge.

Die *Physiologie* hat sich schon, bevor die Ökologie ihre Fragestellungen, wie eben geschildert, präzisierte, viel mit Untersuchungen über das Verhalten der Tiere bei veränderter Salinität des Mediums befaßt, wobei namentlich der veränderte osmotische Druck des Mediums im Vordergrund des Interesses stand. Es seien kurz einige der wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt (vgl. besonders Krogh 1939).

a) Zwei Polychaeten (*Arenicola marina* und *Nereis diversicolor*) vermögen, während die meisten ihrer marinen Verwandten in Medien geringerer Konzentration nach erheblichem Anschwellen rasch absterben, die Überführung aus Seewasser von 32‰ Salzgehalt in solches von 15‰ und nach 48 Stunden in solches von 8‰ zu ertragen, wobei nur geringe Schwellung zu verzeichnen ist. Das physiologische Verhalten der beiden Wurmarten ist aber grundverschieden. Während *Arenicola marina* in allen für den Wurm erträglichen Konzentrationen, also bis hinab zu 78 mM, ein dem Medium etwa isotones Binnenmedium hat, bewahrt *Nereis diversicolor* erhebliche Hypertonie des Binnenmediums, die nach 14tägigem Aufenthalt in reinem Süßwasser (2 mM), in das diese Form vorzustoßen vermag, noch 135 mM beträgt. Dem verstärkten Wassereinstrom in verdünntem Meerwasser (oder gar Süßwasser) müssen diese Würmer durch erhöhte Nierentätigkeit entgegenarbeiten. Dabei wird offenbar von *Arenicola marina* ein der Leibeshöhlenflüssigkeit isotoner Harn abgegeben; das Binnenmedium verliert daher ständig osmotisch aktive Substanzen und der Binnendruck sinkt mit dem des Mediums. Bei *Nereis diversicolor* hingegen sind offensichtlich (bislang noch unbekannte) Mechanismen vorhanden, die einem zu starken Salzverlust des Binnenmediums entgegenarbeiten (wahrscheinlich Rückresorption in den Nierenkanälen oder aktive Salzgewinnung aus dem Medium). Das heißt: *Nereis diversicolor* besitzt eine Osmoregulation, *Arenicola marina* dagegen nicht. Die Gewebe beider Tiere müssen in verdünnten Medien in einem gegenüber normalen (marinen) Verhältnissen weniger konzentrierten Milieu arbeiten; aber dies gilt für *Nereis diversicolor* in weit geringerem Maße als für *Arenicola marina*. — Wir sehen also, daß Übersiedlung aus dem Meer in weniger konzentriertes Medium auch rein durch Anpassung der Gewebe an verändertes Binnenmedium möglich ist, aber im allgemeinen — namentlich bei höheren Tieren — wird dies erst durch Osmoregulation ermöglicht, und sehr weit führt der an *Arenicola* zu sehende Weg nicht, namentlich ist Besiedlung limnischer Biotope so nicht möglich.

b) Sehr interessante Verhältnisse zeigen die dekapoden Krebse.

Von ihrer Organisation seien einige für das Folgende wichtige Tatsachen in Erinnerung gebracht. Die Tiere sind von einem Panzer umgeben, der für Wasser wie für Salze praktisch impermeabel ist. Sie besitzen zarthäutige, vom Panzer bedeckte, aber ständig von Wasser umspülte Kiemen. Die Exkretion wird von einem Nierenpaar geleistet, das in der Nähe der Antennen ausmündet, im Körper mit einem reich von Blut umspülten Coelomsäckchen beginnt, auf das ein als „Labyrinth" bezeichnetes Gebilde mit sehr großer innerer Oberfläche folgt. Der Urin wird in einer Harnblase zur Entleerung gesammelt, die entweder (marine Formen) sich direkt an die soeben genannten Bildungen anschließt, oder (Süßwasserformen) durch einen längeren Exkretionskanal mit ihnen verbunden ist.

Die meisten dekapoden Krebse sind rein marin und sterben schon in brackigem Seewasser rasch ab; einige sind euryhalin und können in brackiges Wasser übersiedeln, einige wenige (*Potamobius*, *Cambarus*) sind reine Süßwassertiere, die höchstens brackiges Wasser für einige Zeit vertragen, eine Art schließlich, die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), vollführt (ähnlich wie einige tropische Formen) regelmäßige mit der Fortpflanzung zusammenhängende Wanderungen zwischen Meer und Süßwasser.

Die *marinen Formen* haben ein hochkonzentriertes Binnenmedium, das dem umgebenden Medium gegenüber bald etwas hypertonisch, bald isotonisch, bald leicht hypotonisch ist. Es muß jedoch betont werden, daß auch bei bestehender Isotonie zwischen der Zusammensetzung des Blutes und der des umgebenden Meerwassers gewisse Unterschiede (z. B. im K-, Mg-, Ca-Gehalt) bestehen, die Unabhängigkeit des Binnenmediums der Tiere anzeigen. — Die Tiere sondern einen hochkonzentrierten, dem Blut isotonen Harn ab. Wenn auch die Harnproduktion bei marinen Dekapoden verhältnismäßig gering ist (etwa 3% des Tiergewichtes am Tage), so tritt doch ein gewisser Ionenverlust ein. Dieser kann leicht von der Nahrung her ausgeglichen werden; doch Krebse hungern oft längere Zeit. In diesem Fall tritt ein Mechanismus in Wirksamkeit, dessen hohe Bedeutung für Osmoregulation wir bald kennenlernen werden: die Kiemen vermögen aktiv (also auch gegen das Konzentrationsgefälle) Ionen aus dem Medium aufzunehmen.

Die *Süßwasserkrebse* haben einen für Süßwassertiere auffallend hohen osmotischen Druck ihres Blutes (*Potamobius* = 235 mM, *Cambarus* = 189 mM). Die Urinproduktion ist größer als bei marinen Formen (in 24h bei *Potamobius* 3,8%, bei *Cambarus* 5,2% des Lebendgewichtes). Das würde unter den für Meeresformen geltenden Bedingungen einen untragbar großen Verlust an Ionen bedeuten; aber der Urin der Süßwasserkrebse ist gegenüber dem Blut stark verdünnt (26—47 mM). Der noch stattfindende Ionenverlust kann leicht durch die Nahrung, in Hungerzeiten durch aktive Ionengewinnung ausgeglichen werden. Die Verdünnung des Urins wird durch den Exkretionskanal geleistet, in dem eine erhebliche Rückresorption von Ionen stattfindet. Diese — auch anatomisch in der Ausbildung des Nierenkanals erkennbare — Umstellung des Exkretionsmechanismus ist eine wichtige Voraussetzung für das limnische Leben der Süßwasserkrebse.

Nun kennen wir auch einige ausgesprochen *euryhaline Krebse*, die weit ins Brackwasser vorstoßen, wie z. B. *Carcinus maenas*, oder gar auch limnisch zu leben vermögen, wie z. B. *Eriocheir*. Der osmotische Druck des Blutes euryhaliner Krebse ist in verdünnten Medien zwar geringer als in reinem Meerwasser, doch immer noch recht hoch: *Eriocheir sinensis* hat in Süßwasser noch Blut von 318 mM! Man könnte denken, daß bei diesen Tieren, namentlich bei *Eriocheir*, eine wesentliche, sich an die Verhältnisse der limnischen Formen angleichende Umstellung der Nierenfunktion vorläge. Das ist jedoch nicht der Fall. Weder ist anatomisch eine stärkere Ausbildung des Nierenkanals zu sehen, noch wird ein dem Blut wesentlich hypotonischer Urin abgegeben: die Urinkonzentration von *Carcinus maenas* beträgt auch in Seewasser von 12‰ Salzgehalt noch 294 mM, die von *Eriocheir sinensis* selbst in Süßwasser noch 330 mM! Dazu ist die Urinproduktion in verdünnten Medien noch erhöht, da dem osmotischen Wassereinstrom entgegengearbeitet werden muß. Die euryhalinen Krebse zeigen also nicht die wesentliche Anpassungserscheinung, die die zu echt limnischem Leben übergegangenen Formen besitzen.

Die euryhalinen Krebse zeigen jedoch zwei Anpassungserscheinungen an das Leben in verdünnten

Medien. Zunächst ist bei ihnen (wie auch bei den Süßwasserkrebsen) die Permeabilität der Kiemen für Ionen in beiden Richtungen wesentlich herabgesetzt. Vor allem aber erscheint die Fähigkeit zu aktiver Gewinnung von Ionen aus dem Medium bei euryhalinen Krebsen besonders stark entwickelt. Dies gilt zunächst für *Carcinus maenas*, dessen Fähigkeit zur Ionengewinnung jedoch bei geringerer Salinität des Mediums versagt, vor allem aber für *Eriocheir sinensis*, dessen sehr wirksame Mechanismen zur Ionengewinnung aus dem Medium von Krogh eingehend studiert worden sind. Selbst bei Aufenthalt in sehr wenig konzentriertem Medium ohne Nahrungsaufnahme vermögen sie das Tier mit Na, K und Cl ausreichend zu versorgen. Erst gegenüber einem Ionengehalt von weniger als 0,3 mM versagen auch die Mechanismen zur aktiven Ionenaufnahme dieser Form, so daß Besiedlung extrem verdünnter Süßwässer auch für sie unmöglich ist. Somit verdanken die euryhalinen Krebse die Aufrechterhaltung der Hypertonie ihres Blutes in verdünntem Medium in erster Linie der aktiven Ionengewinnung aus dem Medium vermittels der Kiemen.

c) Eigenartig sind die osmoregulatorischen Verhältnisse bei Knochenfischen. Die *Süßwasserformen* zeigen etwa die gleichen Verhältnisse wie die entsprechenden Wirbellosen: Der osmotische Druck ihres Blutes beträgt 130—160 mM; dem Wassereinstrom durch die Kiemen und, besonders bei nackten Formen, auch durch die Haut wirkt reichliche Produktion stark verdünnten Urins (60—300 ccm pro Tag und kg) entgegen. Schlucken von Wasser wird von Süßwasserfischen streng vermieden; bei Planktonfressern (z. B. manchen Coregonen) bewirken die Filter des ersten Kiemenbogens Kondensierung der festen Nahrungspartikel, während das mitgeschluckte Wasser durch die Kiemenspalten den Körper wieder verläßt. Ionengewinnung aus dem Wasser unterstützt offenbar die Aufrechterhaltung des osmotischen Druckes (nachgewiesen für *Ameiurus*, *Gasterosteus*, *Salmo*, *Leuciscus*).

Der Karpfen (*Cyprinus carpio*) kann von Süßwasser in brackiges Wasser übergesiedelt werden. Dabei gibt er von etwa $\Delta = -0{,}7°$, also von 205 mM an die Hypotonie seines Blutes auf, das bis zur Grenze der Lebensfähigkeit (etwa $\Delta = -1°$) dem Medium isoton ist. Es ist sicher, daß die Gewebe der Teleostier bei höherem osmotischem Druck ihres Blutes nicht mehr arbeitsfähig sind.

Der osmotische Druck des Blutes der *marinen Teleostier* ist zwar etwas höher als der des Blutes der Süßwasserformen ($\Delta = -0{,}7$ bis $-1°$), aber dem des Meerwassers ganz erheblich hypoton. Ohne Frage ist geringerer osmotischer Druck des Blutes für die Arbeit der Gewebe der Teleostier unbedingt erforderlich. Im Meer begegnen Knochenfische der bestehenden Gefahr einer Angleichung ihres osmotischen Binnendruckes an den des Mediums (vgl. sonstige Meerestiere und auch *Cyprinus*) durch reichliches Wasserschlucken. — Die dabei mit aufgenommenen Salze können nicht durch den Urin abgegeben werden, da hierfür reichlich Wasser, das nicht zur Verfügung steht, erforderlich wäre. Die Regulierung des Salzüberschusses im Blut erfolgt vielmehr mittels extrarhenaler Salzausscheidung durch die Kiemen.

Wenn ein Meeresfisch in Süßwasser übersiedelt, so findet er zwar für die Aufrechterhaltung geringeren Druckes seines Blutes an sich günstigere Bedingungen, aber es sind tiefgreifende Umstellungen erforderlich: das Wasserschlucken muß eingestellt werden; die Wasserabscheidung durch die Niere muß verstärkt werden; Salzverluste durch extrarhenale Abscheidung müssen auf ein ausgleichbares Minimum beschränkt oder ganz sistiert werden. — Wenn ein Fisch (z. B. *Gasterosteus*) vom Süßwasserleben zum Leben im Meer übergeht, so muß er erheblich Wasser schlucken lernen und extrarhenal Salze abscheiden. (Der Urin bleibt beim Stichling im Meer merkwürdigerweise stark verdünnt — vgl. Heuts 1942.)

Für die Umstellungen zum Leben in Medien anderen Salzgehaltes ist — wie Untersuchungen am Aal gezeigt haben — einige Zeit (Tage) erforderlich. Ein Aal, dessen Haut auch für Wasser weitgehend impermeabel ist, zeigt aus dem Meer ins Süßwasser versetzt zunächst Gewichtsvermehrung, da das Wasserschlucken noch andauert und auch der Urin wahrscheinlich noch verhältnismäßig konzentriert ist. Ein aus Süßwasser ins Meer überführter Aal erleidet zunächst erheblichen Gewichtsverlust, da noch erheblich verdünnter Urin abgeschieden wird und das Wasserschlucken noch nicht aufgenommen worden ist.

Die im vorstehenden skizzierten Ergebnisse der Physiologie, die absichtlich einseitig auf die Frage der Osmoregulation beschränkt dargestellt wurden, geben bereits eine Erklärung für die faunistische Trennung der Großbiotope Meer und Süßwasser, und sie machen uns auch mit wichtigen Voraussetzungen der Überschreitungsmöglichkeit ihrer Grenze bekannt, nämlich mit Mechanismen zur Wahrung des Charakters des Binnenmediums bei verändertem Außenmedium, eben der Osmoregulation. Aber es ist nun zu prüfen, inwieweit diese Ergebnisse die oben dargestellten Probleme der Brackwasserökologie zu lösen vermögen. — Dabei muß von vornherein bemerkt werden, daß leider gerade viele für den Ökologen wichtige Tierformen (z. B. Kleinkrebse, Rädertiere u. dgl.) den heute zur Verfügung stehenden Methoden physiologischer Untersuchung noch nicht zugänglich sind. Sodann ist zu bedenken, daß der Physiologe sich zumeist nur die Untersuchung eines einzelnen Milieufaktors zum Ziele nehmen kann. Wie wir alsbald sehen werden, ist für ökologische Fragen aber oft gerade die Untersuchung der kombinierten Wirkung mehrerer Faktoren erforderlich.

1. Zum Problem des *Artenminimums im Brackwasser* kann zunächst gesagt werden, daß das Verhalten der marinen Arten bereits gut verständlich zu sein scheint. Nur wenige Formen verfügen über ausreichende osmoregulatorische Mechanismen oder können sich auf ungestörte Gewebsarbeit bei wesentlich herabgesetztem osmotischem Druck ihres Binnenmediums umstellen. Um die Anforderungen einer Hydrophysiologie zu befriedigen, ist freilich noch sehr viel Arbeit zu leisten. Es müßte für eine Zahl passend (nach ökologischen Gesichtspunkten!) ausgewählter Arten durch exakte Untersuchung die physiologische Grundlage und Reichweite der ökologischen Valenz klargestellt werden. Dabei wird sich sicher zeigen, daß das physiologische Problem weit komplexer ist, als es bisher dargestellt wurde. Es sei darauf hingewiesen, daß viele höhere Wirbellose auch bei bestehender Isotonie ein quantitativ anders zusammengesetztes Innenmedium haben als das umgebende Meerwasser. Es ist wohl denkbar, daß in Medien verringerter Salinität, die meistens auch quantitativ andere Zusammensetzung des Ionengehaltes haben, eine Störung der für die Gewebsarbeit sicher wichtigen ionalen Zusammensetzung des Blutes erfolgt. Mit anderen Worten: es wird auf die Ionenregulation für die Erklärung der ökologischen Valenz mindestens der gleiche Wert gelegt werden müssen wie auf die Osmoregulation. — Sodann erscheint mir das Studium der für ungestörte Gewebsarbeit maßgeblichen Faktoren von größter Wichtig-

keit. Dieser Fragenbereich ist bislang nur ganz vereinzelt in Angriff genommen worden.

Das ökologische Problem des ausgesprochenen Artenminimums im Brackwasser von 5 bis 6‰ Salzgehalt kommt in der Hauptsache dadurch zustande, daß Süßwassertiere nicht so weit in marines Gebiet vorzustoßen vermögen wie marine Formen in verdünntes Brackwasser! Wenn ein Süßwassertier in salzreicheres Medium umsiedelt, so kann es nur mittels komplizierter Mechanismen, wie wir sie soeben von den Teleostieren kennengelernt haben, geringeren osmotischen Binnendruck, als er im Medium herrscht, bewahren. Bei der Mehrzahl der Tiere, insbesondere bei den Wirbellosen, erfolgt Angleichung ihres osmotischen Wertes an das Außenmedium (z. B. auch beim Karpfen). Im Meer befindliche Süßwasserorganismen sind demnach einem für ihre Gewebe hypertonischem Binnendruck unterworfen. Erfahrungen an Säugetiergeweben und Pflanzen haben gezeigt, daß Hypotonie des Milieus verhältnismäßig wenig gefährlich ist: es ist eine Erniedrigung von 0,9 auf 0,2% NaCl notwendig, um deutliche Schädigung hervorzurufen. Dagegen wirkt Hypertonie sehr bald stark schädigend. Wenn — wie ich glaube — Verallgemeinerung dieser Erfahrungen statthaft ist, so wird verständlich, daß die Verbreitungsschranke vom Süßwasser zum Meer weniger leicht und weniger weit überschritten werden kann als die Schranke in der umgekehrten Richtung. Hinzu kommt, daß die Süßwasserorganismen im Meer auch einer neuartigen quantitativen Kombination von Ionen unterworfen sind, wodurch ihr Ionenantagonismus ernstlich gefährdet werden kann.

2. Bezüglich des Problems der *Existenz ausgesprochener Brackwasserliere* möchte ich zunächst darauf hinweisen, daß durch die Zufuhr elektrolythreichen Flußwassers im Brackwassergebiet Ca^{++}, Mg^{++} und $SO_4^{=}$-Ionen gegenüber dem sehr gleichmäßigen Meerwasser angereichert sind (im Vergleich zu Cl^{-}). Diese Ionen können für die Erhaltung der Arbeitsfähigkeit der Gewebe und auch für das Funktionieren der Mechanismen zur Wahrung des Charakters des Binnenmilieus von Bedeutung sein. Es ist daher denkbar, daß Organismen, die höhere Salinität, als das Süßwasser sie hat, benötigen, auf das an solchen Ionen relativ reiche Brackwasser angewiesen sind, während sie im freien Meer nicht mehr recht gedeihen.

Ein Tier, das, obwohl es auch in Meerwasser zu leben vermag, doch deutlich das Brackwasser bevorzugt, ist *Procerodes litoralis* (= *Gunda ulvae*). Dieser Wurm besitzt eine gewisse — freilich noch recht primitive — Osmoregulation, auf die hier nicht näher eingegangen sei. Voraussetzung für deren Funktionieren ist die Gegenwart von etwa 2 mM Ca^{++} im Medium. Fehlt dieses, so unterliegen der Tierkörper und seine Zellen raschem Zerfall. An einem nahe verwandten Wurm (*Procerodes lobata*), ebenfalls einem Brackwassertier, konnte Rubinstein (1927) zeigen, daß Na^{+} auf seine Gewebe, allein geboten, zweifache toxische Wirkung hat, deren eine durch K^{+}, die andere durch Ca^{++} kompensiert werden muß. — Ich glaube, daß sich aus diesen Daten wichtige Hinweise dafür ergeben, in welcher Richtung an einer hydrophysiologischen Erklärung der Existenz von Brackwasserformen gearbeitet werden muß.

Bezüglich der oben (Seite 207/208) aufgeführten Probleme können vom Standpunkt des Physiologen aus noch keine exakteren Angaben gemacht werden. Die erwähnten biotopgebundenen Differenzen erwecken aber den Verdacht, daß bei der Besiedlung des Brackwassers sehr verschiedenartige Faktoren kombiniert wirksam sind. Diese müssen nach erschöpfender Klarstellung der Bedeutung der Salinität erst aufgespürt und dann der Messung zugänglich gemacht werden, was eine sehr beträchtliche und wahrscheinlich von Tierart zu Tierart verschiedene Arbeit darstellt. — Es sei darauf hingewiesen, daß limnische Formen besonders in solche Biotope des Brackwassers vorstoßen, die respiratorisch günstig sind (Phythal, Pelagial), während sie im Benthal, besonders im Schlamm zurücktreten. Wir wissen, daß für Osmoregulation und Ionenregulation zusätzliche oxybiotische Energiegewinnung notwendig ist und Sauerstoffmangel ihr Versagen zur Folge hat. Es ist daher denkbar, daß auch der respiratorische Charakter der Brackwasserbiotope von wesentlichem Einfluß auf ihre Besiedlung ist. — Ob auch das Licht von wesentlichem Einfluß auf Osmoregulation und Ionenregulation sein kann, wissen wir noch nicht. Die Verhältnisse im Küstengrundwasser (siehe S. 208) und auch in Höhlen lassen entsprechende Untersuchungen wünschenswert erscheinen. — Für eine entsprechende Bedeutung der Temperatur bestehen auch mancherlei Hinweise, zumal ohne Frage Übersiedlung in Wasser geringerer Salinität in den Tropen besonders leicht vonstatten geht.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß auch der physiologische Zustand des Tieres von Bedeutung sein kann. Koch (1942) glaubt, daß bei den Teleostiern die beim Mediumswechsel notwendige Umschaltung (bzw. Ausschaltung) der bisherigen osmoregulatorischen Mechanismen unter dem Einfluß von Hormonen (besonders Thyreoidin) erfolgt. Dies mag besonders für die zur Zeit der Geschlechtsreife wandernden Fische wichtig sein.

II.

Die Besiedlung von Bezirken des Süßwassers mit starkem Sauerstoffschwund hat stets das besondere Interesse der Hydrobiologen erweckt und hat in den letzten Jahrzehnten den Ausgangspunkt für den mächtigen Aufschwung ihrer Wissenschaft zur Limnologie gebildet. Während respiratorisch schlechte Biotope von der großen Mehrzahl der mannigfaltigen Tierwelt der Gewässer mit höherer Sauerstoffspannung nicht besiedelt werden können, erreichen einige, offenbar speziell angepaßte Formen dort Massenentwicklung. Es sind dies insbesondere Larven der Gattung *Chironomus*, während die Arten der nahe verwandten *Tanytarsus*-Gruppe auf an Sauerstoff reicheres Wasser beschränkt sind. Die Larven von *Chironomus thummi* finden sich im Faulschlamm flacherer Gewässer, während die Larven von *Chir. anthracinus* (= *bathophilus*) den Schlamm der im Sommer an Sauerstoff extrem armen Tiefe eutropher Seen bevölkern und *Chir. plumosus* (gemeinsam mit den Larven von *Corethra*) bis in die praktisch von Sauerstoff freie Tiefe dystropher Humusgewässer vorstößt.

Man hat verschiedene „Anpassungen", namentlich der *Chironomus*-Larven, namhaft gemacht, die den Tieren die Besiedlung respiratorisch schlechter Medien ermöglichen sollen: Entwicklung von Oberflächenvergrößerungen („Kiemen"), Ausführung von Bewegungen, die einen Wasserstrom erzeugen, und vor allem den Besitz von Hämoglobin. Während die Spekulationen, die man an das Vorhandensein von „Kiemen" und an einen Wasserstrom erzeugende Bewegungen geknüpft hatte, sich bald als unzulänglich herausstellten, gab der Hämoglobinbesitz Anlaß zur Aufstellung einer wohl begründeten physiologischen Anschauung.

Dabei wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Aufrechterhaltung wenigstens des normalen oxybiotischen Ruhestoffwechsels, der Standard-

energiegewinnung, für die Tiere lebensnotwendig ist. Die Erfahrung an Tierformen (z. B. Insektenlarven), die kein Hämoglobin führen, hat gezeigt, daß diese ihre Atmungsgröße bei Erniedrigung der Sauerstoffspannung im Medium bis hinab zu etwa 6% O_2 einer Atmosphäre aufrechterhalten können; dann erfolgt rasche Verminderung der Atmungsgröße mit weiter sinkendem Partialdruck. Dieses Verhalten erklärt sich in folgender Weise: Die Atmungsgröße ist an sich unabhängig vom Sauerstoffpartialdruck des Mediums, solange ausreichende Versorgung auch der tieferen Gewebsschichten mit dem Gas möglich ist. Nun besteht zwischen dem Sauerstoffpartialdruck des Mediums und dem der Gewebe erfahrungsgemäß normalerweise ein Gradient von etwa 6%. Da bei Verminderung der Sauerstoffspannung im Medium auch die der Gewebe sich entsprechend vermindert, der Gradient also gewahrt wird, kann durch Diffusion stets die gleiche Menge Sauerstoff beschafft werden, bis die Sauerstoffspannung der Gewebe = O wird. Dies pflegt — wie Messungen bestätigten — bis zu einer Sauerstoffspannung des Mediums von 6%, also etwa dem Wert des Gradienten, der Fall zu sein.

Wenn aber ein Hämoglobin mit steiler Dissoziationskurve des Oxyhämoglobins vorhanden ist, so ist anzunehmen, daß die Atmungsgröße aufrechterhalten werden kann, solange Absättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff möglich ist. Dies muß bei *Chironomus*-Larven bis zu einem Sauerstoffpartialdruck von etwa 1% im Medium hinab der Fall sein! Messungen bestätigen dies. Damit schien eine Erklärung der Besiedlungsmöglichkeit respiratorisch schlechter Medien durch diese Tierform gegeben zu sein.

So klar auch diese physiologische Tatsache ist, so ist doch die Frage, die eine ökologisch ausgerichtete Hydrophysiologie stellen muß, noch keineswegs geklärt. Diese muß zunächst verlangen, daß grundsätzliche Unterschiede zwischen den stenoxybionten *Tanytarsus*-Formen und den euroxybionten *Chironomus*-Formen aufgezeigt werden, da sich die beiden Larvengruppen gegenüber der Sauerstoffspannung ihres Mediums ganz verschieden verhalten. Aber die an hohen Sauerstoffpartialdruck des Mediums gebundenen *Tanytarsus*-Larven besitzen ebenfalls Hämoglobin, und Messungen zeigten, daß sie ihre Atmungsgröße bei Erniedrigung des Sauerstoffpartialdrucks im Medium ebensolange aufrechterhalten können wie die euroxybionten Larven von *Chironomus*!

Dieses Ergebnis exakter hydrophysiologisch ausgerichteter Messungen zeigt eindeutig, daß die so einleuchtende physiologische Erklärung des euroxybiotischen Verhaltens der *Chironomus*-Larve durch den Hämoglobin-Besitz versagt. Unter dem Eindruck dieses Befundes konnten sogar Zweifel daran aufkommen, ob die Sauerstoffspannung des Wassers wirklich der entscheidend die Verbreitung regelnde Faktor wäre. Es ist auch ohne Frage richtig, daß der Beweis erbracht ist, daß Mechanismen zur Aufrechterhaltung der optimalen Atmungsgröße hierfür keine ausschlaggebende Rolle spielen. Die physiologische Voraussetzung, von der wir ausgingen, war falsch. Darauf weisen auch noch eine Reihe anderer Beobachtungen hin: 1. Das engere Milieu der *Chironomus*-Larven, der Schlamm, dürfte praktisch von Sauerstoff frei sein, so daß Einrichtungen zur Sauerstoffgewinnung bei niederem Partialdruck nichts mehr nützen. Auch „respiratorische" Bewegungen der Tiere dürften hieran nichts ändern, zumal sie bei *Chironomus*-Larven nur einen horizontalen Wasserstrom erzeugen. 2. Aus zahlreichen Messungen der Lage des „kritischen Punktes" der Druck-Verbrauchkurve des Sauerstoffs wurde der Eindruck gewonnen, daß die *Chironomus*-Larve sozusagen kein großes Interesse an der niederen Lage dieses Punktes, also an der vollen Ausnutzung ihrer respiratorischen Fähigkeiten gegenüber niederem Sauerstoffpartialdruck hat: Nur Tiermaterial, das zuvor unter günstigen respiratorischen Bedingungen gelebt hatte, vermag seine Atmungsgröße bis hinab zu etwa 1% O_2 im Medium aufrechtzuerhalten; sonst liegt der „kritische Punkt" meist schon bei etwa 3% oder gar noch höher. 3. Wir wissen heute, daß Energiegewinnung und damit Aufrechterhaltung des Lebens nicht nur durch oxybiotische (Verbrennungs-)Prozesse, sondern auch durch anoxybiotische (Spaltungs-) Prozesse möglich ist.

Das Problem muß also von einem neuen Gesichtspunkt aus in Angriff genommen werden, der der Tatsache Rechnung trägt, daß im Leben der euroxybiotischen Tierformen Prozesse anoxybiotischer Energiegewinnung, also — soweit wir wissen — Spaltung des hochmolekularen Glykogens zu niederen Säuren eine wichtige Rolle spielen.

Nach den vorliegenden — freilich noch sehr lückenhaften — Daten scheint es im allgemeinen nicht so zu sein, daß euroxybionte Organismen einfach über zwei Arten der Energiegewinnung verfügen, die je nach den Milieubedingungen vikariierend auftreten. Vielmehr dürften anaerobe Spaltungsprozesse auch bei rein aerob lebenden Tieren mindestens bei manchen Lebensprozessen eine wesentliche Rolle spielen; aber sie sind bei ihnen ausgesprochen zweiphasige Prozesse und bedürfen zu ihrem ungestörten Ablauf einer oxybiotischen Phase (vgl. Harnisch 1944). In dieser Form sind sie zur Aufrechterhaltung des Lebens ohne Sauerstoff noch nicht geeignet. Bei euroxybionten Tieren kann dann die aerobe Phase zeitlich von der anaeroben Phase getrennt werden, so daß bei Sauerstoffmangel allein die anaerobe Phase abläuft, während die dabei eingegangene Sauerstoffschuld in späterer Zeit der Versorgung mit Sauerstoff durch verstärkte Erholungsatmung beglichen wird (vgl. Harnisch 1943). Die Zeit, während der die aerobe Phase ohne nachhaltige Schädigung des Organismus entbehrt werden kann, mißt die Fähigkeit zu fakultativ anaerobem Leben. In der Tat zeigen sich hierin wesentliche und das ökologische Verhalten der Tiere erklärende Differenzen zwischen den stenoxybionten Larven der *Tanytarsus*-Gruppe und den euroxybionten Larven von *Chironomus thummi*. Ich vermute, daß weitere Untersuchungen Ähnliches auch für andere euroxybionte Tiere aufzeigen werden.

Es ist keine Frage, daß bei manchen Organismen die Anpassung an anaerobes Leben noch einen wesentlichen Schritt weitergegangen ist. Bei den *Chironomus*-Larven der Seentiefe (*Chir. anthracinus* = *bathophilus*) finden wir aerob und anaerob gleich große Energiegewinnung durch Spaltungsprozesse, also unterbrochene Pasteursche Reaktion; nach Zeiten des Sauerstoffentzugs wird keine gesteigerte Erholungsatmung getätigt (Harnisch 1942/43). Es ist wahrscheinlich, daß Ähnliches auch für andere, vorwiegend anaerob lebende Organismen gilt (die Larven von *Chironomus plumosus* und von *Corethra*); sicher gilt es für manche Parasiten (besonders Cestoden und *Fasciola hepatica*).

Diese beiden Beispiele, die im vorstehenden freilich nur skizziert werden konnten, sollen zeigen, wie ich mir die Synthese zwischen physiologischer und ökologischer Arbeit in der Hydrophysiologie denke. Es sei abschließend betont, daß das Schwergewicht dabei auf analytisch-physiologischer Arbeit lag, aber die Präzisierung der Fragestellung und die Kontrolle der Ergebnisse erfordert ständige Fühlung mit der als Selbstzweck durchgeführten Arbeit der Ökologen.

Eingegangen am 20. November 1947.

Literatur.

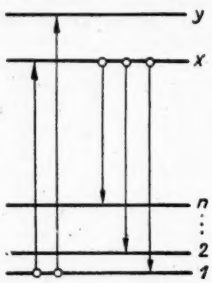
(Es werden vorwiegend zusammenfassende Darstellungen, nur soweit in diesen noch nicht berücksichtigt, Einzelarbeiten zitiert. In den mit * bezeichneten Arbeiten findet man die weitere Literatur.)

*Harnisch, O., Physiologische Grundlagen von Stenoxybiose und Euroxybiose bei Chironomidenlarven. Arch. f. Hydrobiol. **40** (1943). — *Harnisch, O., Zur Analyse der Oxibiose der Larve von Chironomus batophilus K, einer Chironomus-Larve der Seentiefe. Zool. Anz. **139** (1942). — *Harnisch, O., Messungen zur Kennzeichnung des aeroben und anaeroben Stoffwechsels der Larve von Chironomus bathophilus K, einer Chironomus-Larve der Seentiefe. Zool. Anz. **142** (1943). — *Harnisch, O., Aerobe und anaerobe Säurebildung („Glykolyse") bei einigen an Luft lebenden Insekten. Biolog. gen. **18** (1944). — Huets, M. J., Chloride excrete bej Gasterosteus aculeatus. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. **73** (1942). — Koch, H., Cause physiologique possible des migrations des animeaux aquatiques. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg. **73** (1942). — *Krogh, A., Osmotic Regulation in Aquatic Animals. Cambridge (1939). — *Redeke, H. C., Über den jetzigen Stand unserer Kenntnisse der Flora und Fauna des Brackwassers. Verh. Intern. Ver. Limnologie **6** (1932). — *Remane, A., Die Brackwasserfauna. Verh. Dtsch. Zool. Ges. (1934). — Rubinstein, D., Ein Beitrag zur Lehre von den physiologisch äquilibrierten Salzlösungen. Biol. Stat. Akad. d. Wiss. u. Biol. Laborat., med. Inst., Odessa **5** (1927). — *Välikangas, J., Über die Biologie der Ostsee als Brackwassergebiet. Verh. Intern. Ver. Limnologie **6** (1932).

Kurze Originalmitteilungen.

Bestimmung von Übergangswahrscheinlichkeiten für strahlende und strahlungslose Prozesse in Kristallen.

Im Gegensatz zu den Fremdstoffphosphoren, bei denen die Abklingdauer der Lumineszenz im wesentlichen von der energetischen Tiefe der „Elektronenfallen" bestimmt wird, hängt bei reinen Substanzen in den meisten Fällen die Abklingkonstante γ von den Wahrscheinlichkeiten für strahlende und strahlungslose Übergänge innerhalb des Leuchtzentrums ab. Hierher gehören z. B. die reinen Salze der Seltenen Erden Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, deren Termschema von dem in der Abbildung gezeichneten Typ ist[1]). Die Lumineszenz erfolgt von dem ersten oberhalb des Grundtermultipletts liegenden, mit X bezeichneten Term aus[2]), und zwar wird diese Lumineszenz durch jede (vom Term X oder von einem der oberhalb X liegenden, in der Figur durch Y zusammengefaßten Terme) absorbierte Strahlung erregt. Da eine den Übergängen $Y \rightarrow X$ entsprechende Emission nicht beobachtet wird, verlaufen diese Übergänge strahlungslos, d. h. die freiwerdende Elektronenanregungsenergie wird in Schwingungsenergie des Kristallgitters umgesetzt. Derartige Prozesse erfolgen auch vom Term X nach den tiefer gelegenen, durch den Index 1, .., n numerierten Termen neben den strahlenden Übergängen. Ist ihre Wahrscheinlichkeit W_{nx}, die der Strahlungsprozesse A_{nx}, so ist die Abklingkonstante γ der Strahlung durch die Wahrscheinlichkeit für beide Prozesse gegeben:



$$\gamma = \sum_n A_{nx} + \sum_n W_{nx} = A_x + W_x \qquad (1)$$

Dabei ist vorausgesetzt, daß die Übergänge $Y \rightarrow X$ sehr viel schneller ablaufen als die Übergänge von X nach unten, was bei den betrachteten Fällen erfüllt ist. Die emittierte Strahlungsleistung hängt von der Übergangswahrscheinlichkeit A_{nx} für Strahlung allein ab:

$$S_{nx} = N_x \cdot A_{nx} \cdot h\,\nu_{nx}$$

(N_x = Zahl der Zentren im Zustand X).

Also sind die relativen Strahlungsleistungen unabhängig von N_x:

$$S_{1x} : S_{2x} : \cdots\cdots = A_{1x}\,\nu_{1x} : A_{2x}\,\nu_{2x} : \cdots\cdots \qquad (2)$$

Dies Verhältnis läßt sich durch Vergleich der Helligkeit der Emissionsbanden mit dem entsprechenden Spektralbereich eines kontinuierlichen Spektrums bekannter Intensitätsverteilung (Wolframbandlampe) messen. Ferner läßt sich die Wahrscheinlichkeit A_{1x} für den Übergang zum Grundzustand absolut messen durch Bestimmung der Gesamtabsorption $\int k(\nu)d\nu$ für diesen Übergang (ganz links in der Fig.). Kombination mit (2) ergibt die Absolutwerte aller A_{nx} und ihre Summe $A_x = \sum_n A_{nx}$. Subtraktion dieses Wertes von der gemessenen Abklingkonstanten γ ergibt schließlich die Wahrscheinlichkeit W_x für alle strahlungslosen Übergänge von X zu tieferen Termen. Außerdem erhält man so die „Leuchtfähigkeit" des Terms X:

$$L_x = \frac{\sum_n A_{nx}}{\sum_n A_{nx} + \sum_n W_{nx}}. \qquad (3)$$

Nach diesem Verfahren ist die getrennte Bestimmung der einzelnen A_{nx} und der Summe $\sum_n W_{nx}$ sowie die Bestimmung der Leuchtfähigkeit am kristallinen $Eu_2(SO_4)_3 \cdot 8\,H_2O$ von Frl. B. Rinck durchgeführt worden. Die ausführliche Veröffentlichung erfolgt an anderer Stelle.

K. H. Hellwege.

Eingegangen am 24. September 1947.

[1]) Gobrecht, H., Ann. Phys. (5) **28**, 673 (1937); **31**, 182, 600 (1938).

[2]) In einigen Fällen tritt auch eine schwache Lumineszenz auf, die von dem nächsten über X liegenden Term ausgeht. Diese Fälle sollen hier zunächst nicht behandelt werden.

Zu den optischen und elektrischen Eigenschaften von Kadmiumsulfid.

Die Mitteilungen von R. Frerichs[1]) über die optischen und elektrischen Eigenschaften von Kadmiumsulfid möchten wir noch durch einige Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen an dieser Substanz ergänzen.

Unsere Messungen wurden an Kadmiumsulfid-Einkristallen durchgeführt, die nach einem dem Frerichsschen ähnlichen, aber einfacheren Verfahren hergestellt wurden. Wir erhielten dieselben Kristalltypen, die auch Frerichs fand. — Bei der Ausarbeitung des Verfahrens wurden die Herstellungsbedingungen in weiten Grenzen variiert. Dabei zeigte sich, daß je nach dem Ablauf des Herstellungsprozesses vermutlich Selbstaktivierungen der Kristalle stattfinden können[2]), die deren Eigenschaften in gewisser Hinsicht beeinflussen. In ihrem grundsätzlichen Verhalten stimmen die Kristalle mit den von Frerichs beschriebenen überein, weisen aber doch einige bemerkenswerte Abweichungen auf, über die im Folgenden berichtet werden soll. Ein Teil dieser Abweichungen findet seine Erklärung darin, daß die von uns untersuchten Kristalle vermutlich wesentlich dünner waren als die von Frerichs benutzten. Ein anderer Teil läßt sich durch Abweichung von der stöchiometrisch korrekten Zusammensetzung deuten.

Der Festlegung der Absorptionskante (wenn diese wie üblich als die langwellige Grenze des Bereichs totaler Undurchlässigkeit definiert ist) haftet eine gewisse Willkür an, da der Übergang von vollkommener Durchlässigkeit zu totaler Absorption stetig verläuft. Da die Absorption nur von dem Produkt des Absorptionskoeffizienten mit der Dicke abhängt, verschiebt sich die Kante scheinbar mit dickeren Kristallen zu längeren Wellen. Für sehr dünne Plättchen liegt diese bei etwa 5080 Å; mit wachsender Kristalldicke nähert sie sich dem Wert 5200 Å.

Alle Kristalle zeigen bei genügend intensiver Anregung[3]) eine Fluoreszenz. Bei visueller Betrachtung sieht diese meist rein rot oder rein grün aus, gelegentlich treten alle möglichen Mischfarben auf. Bei spektraler Zerlegung findet man zwei Banden, eine schmale grüne, die sich an die Kante der Grundgitterabsorption anschließt und bis etwa 5200 Å reicht, und eine breite rote, die sich von 6000 Å bis ans Ende des Sichtbaren erstreckt. Beide Banden treten meist gemeinsam auf, wobei jedoch die Intensität einer Bande stark überwiegt. Ob die Fluoreszenz hauptsächlich rot oder grün erscheint, hängt außer von den Herstellungsbedingungen noch von der Stärke der Anregung ab. — Die grüne Fluoreszenz ist teilweise polarisiert, die Polarisationsebene geht durch die Längsachse des Kristalls. Wir glauben Gründe zu der Annahme zu haben, daß es sich bei der grünen Bande um eine Grundgitterfluoreszenz, eventuell unter Beteiligung von Gitterschwingungen, handelt. Die rote Bande entspricht der üblichen Fluoreszenz von Kadmiumsulfidpulvern, die sich durch das Riehl-Schönsche Modell beschreiben läßt, und scheint durch eine Aktivierung des Kristalls durch Störstellen verursacht zu werden. So findet man häufig bei sonst grün fluoreszierenden Kristallen rot leuchtende Kanten und Wachstumsfehlstellen. Die rote Fluoreszenz läßt sich durch Einstrahlung im gesamten Gebiet der Grundgitterabsorption anregen. Die viel schwerer anregbare grüne Fluoreszenz konnte bisher nur bei Einstrahlung der starken Quecksilberlinie 3651 Å mit größtmöglicher Intensität nachgewiesen werden.

Bei der Photoleitfähigkeit unterscheidet man zweckmäßig drei Gebiete:

1. das Gebiet der Grundgitterabsorption,
2. ein Gebiet dicht vor der Absorptionskante von etwa 150 Å Breite,
3. ein daran anschließendes Gebiet bis etwa 8000 Å.

Die im Grundgitter eingestrahlte Energie wird, vom reflektierten Anteil abgesehen, in einer sehr dünnen Oberflächenschicht vollständig absorbiert. An der Leitung ist jedoch der ganze Kristall beteiligt. So ist es gleichgültig, ob man bei einseitig aufgedampften Elektroden den zwischen diesen freibleibenden Spalt oder die Rückseite des Kristalls belichtet. Auch bei der Berechnung der Leitfähigkeit kommt man zu vernünftigen Größenordnungen, wenn man den ganzen Querschnitt des Kristalls zugrunde legt. Es genügt ferner, bei größerem Elektrodenabstand irgendeinen Punkt in der Umgebung der Elektroden zu belichten, um merkliche Leitfähigkeiten zu erzielen.

Dicht vor der Absorptionskante folgt ein Gebiet starker Leitfähigkeit, das in seiner spektralen Lage ziemlich gut mit dem Gebiet der grünen Fluoreszenz übereinstimmt. Das scharf ausgeprägte Maximum liegt etwa 80 Å vor der Kante, es scheint also ebenso wie die Kante gegenüber den Frerichsschen Messungen nach kürzeren Wellen verschoben. Seine Größe hängt im übrigen außer von der Kristalldicke auch noch von den Herstellungsbedingungen ab.

Nach langen Wellen schließt sich ein drittes Gebiet schwacher Leitfähigkeit an, das bis etwa 8000 Å reicht. Auch hier handelt es sich ebenso wie bei dem selektiven Leitfähigkeitsmaximum ohne Zweifel um einen Volumeneffekt. Die Größe der Leitfähigkeit dieses Gebietes scheint mit der Stärke der Rotfluoreszenz zu wachsen. Bei rein grün fluoreszierenden Kristallen ist sie oft nicht nachzuweisen.

Die Leitfähigkeiten im Gebiet der Grundgitterabsorption und im fernen Ausläufer genügen, von Anlaufs- und Sättigungserscheinungen abgesehen, dem Ohmschen Gesetz. Dagegen zeigt die Leitfähigkeit im selektiven Maximum bei genügend hoher Feldstärke und Bestrahlungsstärke deutlich Abweichungen in dem Sinne, daß sie bei steigender Feldstärke und Bestrahlungsstärke sprunghaft zunimmt.

Leitfähigkeit σ und Bestrahlungsstärke Φ sind im allgemeinen einander nicht proportional, sondern lassen sich in einem weiten Intensitätsbereich durch eine Beziehung der Formel

$$\sigma = C(\lambda) \cdot \Phi^{a}$$

darstellen, wobei a eine Konstante und $C(\lambda)$ lediglich eine Funktion der Wellenlänge ist. Für a wurden Werte zwischen 0,7 und 0,95 gefunden, gelegentlich traten auch kleinere Exponenten auf. Der Exponent a stimmt bei ein und demselben Kristall in allen drei Leitfähigkeitsgebieten überein. Wenigstens ein Teil des Leitungsmechanismus dürfte also für alle drei Bereiche derselbe sein. Während die Dunkelleitfähigkeit der meisten Kristalle so klein war, daß sie mit unseren Hilfsmitteln nicht bestimmt werden konnte, fanden sich häufig Kristalle mit einer beträchtlichen Dunkelleitfähigkeit, eine Tatsache, die ebenfalls auf die Möglichkeit von Aktivierungen während des Herstellungsprozesses hinweist.

Bei der auffallend großen Leitfähigkeit erhebt sich natürlich die Frage nach der Quantenausbeute. Bezogen auf auffallende Energie — eine genaue Bestimmung des Absorptions- und Reflexionsvermögens steht noch aus — findet man im Gebiet der Grundgitterabsorption eine „Quantenausbeute" der Größenordnung 10^3. Für das Gebiet des selektiven Maximums beträgt sie etwa 10^4, für den fernen Ausläufer rund 10^2. Dies scheint größenordnungsmäßig übereinzustimmen mit einer Abschätzung der Quantenausbeute bei Belichtung mit Röntgenstrahlen[4]). Bei Berücksichtigung der Reflexion im Grundgittergebiet und der Absorption im Ausläufer dürften sich diese Zahlen noch um ein bis zwei Zehnerpotenzen erhöhen. Diese hohe Quantenausbeute des Kadmiumsulfids, die diejenige der bisher bekannten Photozellen um einen Faktor 10^3 bis 10^4 übertrifft, läßt seine Verwendung als Photowiderstand sehr aussichtsreich erscheinen.

Eine ausführliche Veröffentlichung der oben kurz mitgeteilten Ergebnisse wird vorbereitet.

Berlin-Buch,
Institut für Festkörperforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften.

J. Faßbender.

Eingegangen am 24. Juli 1947.

[1]) Naturw., **33**, 281 (1946).
[2]) K. Birus, Erg. d. ext. Naturw., **20**, 190 (1942).
[3]) Zur Anregung wurde eine Quecksilberhöchstdrucklampe HBO 200 in einem von R. Borchert im hiesigen Institut entwickelten Gerät benutzt.
[4]) Nach einem Vortrag von R. Frerichs in Berlin-Dahlem.

Der Temperaturgradient an der Erdoberfläche und die radioaktive Wärmeerzeugung in der Erdkruste.

Nach einer bekannten Abschätzung von H. Jeffreys[1]), die im wesentlichen auf dem an der Erdoberfläche gemessenen Temperaturgradienten, den Wärmeleitungskonstanten der Erdkruste und ihrem Alter beruht, können bei Annahme reiner Wärmeleitung die wärmeerzeugenden radioaktiven Stoffe nur in dem oberen Teil der Erdkruste angereichert sein.

Jeffreys hat zwei Fälle untersucht.

Fall A: Die radioaktive Wärmeerzeugung ist bis zu einer gewissen Tiefe H konstant und in größerer Tiefe gleich Null.

Fall B: Die radioaktive Wärmeerzeugung nimmt von der Erdoberfläche an bei wachsender Tiefe z proportional e^{-az} ab.

Je nach den Zahlenwerten, die man in die Endformeln einsetzt, erhält man etwas verschiedene Zahlenergebnisse. Die Angaben für H und $1/a$ liegen zwischen 10 und 15 km, häufig wird 13 km angegeben. Es ist kaum möglich, diese niedrigen Zahlen mit dem aus der Erdbebenfortpflanzung ermittelten Aufbau der Erdkruste und den Ergebnissen der Geochemie über die Radioaktivität des Erdkrustenmaterials in Übereinstimmung zu bringen. Diese grundlegende Schwierigkeit hat zur Aufstellung geotektonischer Hypothesen geführt, die grundsätzlich die alleinige Annahme von Wärmeleitung verwerfen (Joly, Kirsch u. a.), aber auch keine allgemeine Anerkennung gefunden haben.

Die Schwierigkeit läßt sich nicht beseitigen. Sie läßt sich aber mildern. Denn man kann zeigen, daß die nach Jeffreys berechneten Zahlen infolge eines ungeeignet gewählten Anfangszustandes zu niedrig sind.

Es ist zulässig, daß man mit Jeffreys die Krümmung der Erdoberfläche vernachlässigt und die Erdkruste durch einen von einer Ebene begrenzten Halbraum ersetzt, der in unendliche Tiefe hinabreicht. Dann darf man aber nicht, wie es geschehen ist, einen Anfangszustand wählen, in dem die Temperatur mit der Tiefe gleichmäßig zunimmt. Dieser Annahme entspricht ein unendlich großer Wärmevorrat in der Tiefe, der einen zu großen Beitrag zu dem die Erdoberfläche durchsetzenden Wärmestrom liefert, wodurch der Strom radioaktiv erzeugter Wärme und damit der Gehalt an radioaktiven Stoffen zu klein berechnet wird.

Man muß einen Anfangszustand ansetzen, in dem der Temperaturgradient bei wachsender Tiefe abnimmt. Für die mathematische Behandlung ist es

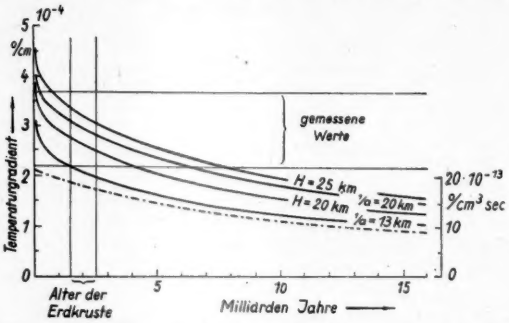


Fig. 1. Ausgezogen: Temperaturgradient an der Erdoberfläche Strichpunktiert: radioaktive Erwärmung der obersten Erdkrusten gesteine, wenn die Wärme nicht abfließt.

zweckmäßig, die Tiefenabhängigkeit der Anfangstemperatur in der Form $\vartheta_0 = (S + A) - A\, e^{-\beta z}$ anzusetzen. Man kann auch die Halbwertszeit der radioaktiven Ursubstanzen (U, Th, K) berücksichtigen, ohne in besondere mathematische Schwierigkeiten zu geraten. Die Zahlenrechnung ist umständlich.

Mit $S = 1200°$ C, $A = 200°$ C, $\beta = 1{,}019 \cdot 10^{-7}$ cm^{-1} (was ungefähr der Schmelztemperatur des Augit bei den in der erstarrenden Erdkruste anzunehmenden Drucken entspricht) und den üblichen Annahmen über die Wärmeleitungskonstanten des Erdkrustenmaterials und die Radioaktivität der oberflächennahen Schichten wurde die Rechnung durchgeführt. Die Figur zeigt die zeitliche Abnahme des Temperaturgradienten an der Erdoberfläche für den Fall A mit $H = 20$ km und $H = 25$ km und den Fall B mit $1/a = 13$ km und $1/a = 20$ km.

Vergleicht man den Verlauf der Kurven mit den eingezeichneten, für das Alter der Erdkruste und den Temperaturgradienten anzusetzenden Grenzen, so erkennt man, daß $H \approx 23$ km, $1/a \approx 20$ km betragen dürften. Auch etwas größere Werte können noch mit den Beobachtungen verträglich sein. Ferner zeigt sich, daß ein ungefähr stationärer Zustand erst erreicht wird, wenn die zehnfache Zeit seit Erstarrungsbeginn verstrichen ist. Es fragt sich also, ob Abschätzungen über die Temperatur der Erdkruste bei reiner Wärmeleitung, wenn sie einen stationären Zustand voraussetzen, zuverlässig sind.

Bergakademie Clausthal. Karl Jung.

Eingegangen am 10. September 1947.

[1]) H. Jeffreys. The Earth. Its Origin, History and Physical Constitution. Cambridge 1924 (2. Aufl. 1929). Die Ergebnisse der Abschätzung werden mehrfach in der geophysikalischen Literatur angeführt, z. B. von B. Gutenberg im Lehrbuch der Geophysik S. 483—486 und in Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik, Bd. 5, 1. Teil, S. 666—668.

Der Argongehalt kalihaltiger Minerale und die Frage des dualen Zerfalls von K^{40}.

Bereits im Jahre 1937 hat der eine von uns (P. H.) durch Bestimmung des Argongehalts eines finnischen Rapakivi-Granits, dessen Alter zu über 10^9 Jahren angegeben wird, einen dualen Zerfall von K^{40} nachzuweisen versucht. Die zerkleinerten Gesteinsproben wurden damals mit und ohne Aufschlußmittel im Hochvakuum auf über 1000° C erhitzt und die entweichenden Gase, in der Hauptmenge CO_2, CO und N_2, analysiert. Hierbei wurde die Endfraktion, die mit dem Stickstoff das Argon enthalten sollte, durch verdampfendes Li oder Ca praktisch vollkommen absorbiert. Auch spektroskopisch konnte Argon nicht nachgewiesen werden. Die Untersuchungen mußten damals aus äußeren Gründen unterbrochen werden.

Zur gleichen Zeit hat v. Weizsäcker auf die abnorme Häufigkeit des Isotops A^{40} im irdischen Argon hingewiesen und als Erklärung hierfür die Nachbildung von A^{40} aus K^{40} nach der Abwanderung der Hauptmenge des Argons aus der Erdatmosphäre vermutet[1]).

Kürzlich wurde nun von Thompson und Rowlands[2]) beim Zerfall des Kaliums eine sehr weiche Strahlung gefunden und als die beim K-Einfang des K^{40} auftretende K-Strahlung gedeutet. Aus der Intensität dieser Strahlung schließen die Verfasser auf ein Verhältnis des durch K-Eingang zerfallenden zum insgesamt zerfallenden K^{40}

$$k = \lambda_K/\lambda = 0{,}78.$$

Angeregt durch diese und eine Abhandlung von Houtermans und Jordan[3]), hat nunmehr der andere von uns (H. S.) die Frage des Argongehalts kalireicher Minerale wieder aufgenommen und zwei Proben eines Sylvins (KCl) (Probe 1 und 2; aus dem Berlepsch-Schacht, Staßfurt) und eine Probe eines Karnallits ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) (Probe 3; aus Heringen, 1. Sohle Querstollen 49, Vacha, Pöhn) untersucht[4]). Es wurden jeweils 100 g Mineralproben in einer Korngröße von 3 bis 1 mm im Hochvakuum in einer Soxlet-artigen Einrichtung mit etwa 100 cm³ entlüftetem Wasser sukzessive in Lösung gebracht, wobei die Edelgase, entsprechend ihrer geringen Löslichkeit in Wasser, praktisch vollkommen in Freiheit gesetzt werden. Durch Absorbtion an mit flüssigem O_2 gekühlter Kohle wurde in bekannter Weise H_2 und He von den übrigen Gasen getrennt. Der Sauerstoff wurde durch Zufügen von H_2 an einer glühenden Wolframspirale verbrannt und das überschüssige H_2 durch mehrmalige Desorbtion von gekühlter Kohle entfernt. Die restliche Gasmenge — N_2, das das Argon enthalten sollte, — betrug bei Probe 1: $2{,}8 \cdot 10^{-2}$ cm³ von Atmosphärendruck pro Gramm Sylvin, bei Probe 2: $1{,}8 \cdot 10^{-2}$ cm³/Gramm, und bei Probe 3: $0{,}12 \cdot 10^{-2}$ cm³/Gramm Karnallit. Auf eine chemische Abtrennung des N_2 vom Argon wurde wegen der damit verbundenen Fehlermöglichkeiten verzichtet und die Wärmeleitfähigkeit des Gases gemessen, durch die der Gehalt des N_2 an Ar auf Promille genau bestimmbar ist. Die Messungen ergaben fast genau den Wert des reinen Stickstoffs. Die geringe Wärmeleitverminderung, die beobachtet wurde, entsprach der einer aus Luft gewonnenen Stickstoffprobe, die das Luftargon enthielt.

Dieser Befund steht in vollstem Einklang mit anderen geochemischen Untersuchungen über den Argongehalt von Gesteinen und von Quell- und Erdgasen, die in keinem Falle einen besonders hohen Argongehalt ergeben hatten und bei denen das Verhältnis Stickstoff zu Argon stets dem von Luft entsprach[5]).

Der Befund steht jedoch im Widerspruch zu dem von Thompson und Rowlands angegebenen Verzweigungsverhältnis für den radioaktiven Zerfall des K^{40}. Mit dem oben angegebenen Wert dieser Autoren für k und einer Halbwertszeit für den β^--Zerfall von $1{,}42 \cdot 10^9$ Jahren[6]) ergibt sich bei einem Mindestalter der drei untersuchten Proben von $2 \cdot 10^8$ Jahren ein Mindestgehalt von $0{,}8 \cdot 10^{-2}$ cm³ Argon von Atmosphärendruck pro Gramm Sylvin und von $0{,}2 \cdot 10^{-2}$ cm³ pro Gramm Karnallit. Auch für den Rapakivi-

Granit wäre ein Argongehalt der gleichen Größenordnung zu erwarten. Demgegenüber ergab das Experiment, daß pro Gramm Sylvin als vorsichtig geschätzte obere Grenze höchstens etwa $0{,}02 \cdot 10^{-2}$, pro Gramm Karnallit höchstens $0{,}002 \cdot 10^{-2}$ cm³ Argon enthalten sein kann.

Dieses Ergebnis besagt:

1. Es können nur wenige Prozente des insgesamt zerfallenden Kaliums durch K-Einfang in Argon übergehen, d. h.

$$k < 0{,}1.$$

Die von Thompson und Rowlands beobachtete weiche Strahlung muß zum größten Teil mit dem β^--Zerfall verknüpft sein.

2. Will man die abnorme Häufigkeit des irdischen Ar^{40} durch Nachbildung aus K^{40} erklären, dann muß man mindestens einen Wert von den zur quantitativen Abschätzung dieses Vorganges bisher angenommenen Werten[7]) (und zwar für die Halbwertszeit des Kaliums, für das Alter der Erdatmosphäre und für die das Argon liefernde Kaliummenge der Erde) einer sehr erheblichen Korrektur unterziehen[8]).

Eine genauere Angabe über das Verzweigungsverhältnis des Zerfalls von K^{40} könnte durch eine massenspektroskopische Analyse von Argon aus einem kaliumreichen Gestein gewonnen werden, für das ein (in bezug auf die in ihm gelösten Gase) definiertes Alter hinreichend genau und zuverlässig angegeben werden kann. Eine eingehendere Diskussion von Fragen der Geochemie der Edelgase soll an anderer Stelle gegeben werden.

Hamburg, Institut für physikalische Chemie der Universität, den 22. August 1947.

P. Harteck, H. Suess.

Eingegangen am 29. August 1947.

[1]) C. F. v. Weizsäcker, Physik. Z. **38**, 623 (1937).
[2]) F. C. Thompson und S. Rowlands, Nature (London), **152**, 103 (1943).
[3]) F. G. Houtermans und P. Jordan, Z. Naturforsch. **1**, 125 (1946).
[4]) Herrn Professor Rose-Hamburg, und Herrn Professor Correns-Göttingen danken wir für die Überlassung von Proben und für wertvolle Diskussionen.
[5]) R. Strutt, Proc. Roy. Soc. London, **81**, 278 (1908), Moureu und Lepape, Cr. **171**, 941 (1920), Lord Reyleigh, Nature (London), **141**, 410 (1938). Siehe auch Gmelins Handbuch d. Anorg. Chem. Bd. 1. Leipzig und Berlin 1926.
[6]) A. Bramley und A. K. Brewer, Physic. Rew. **55**, 361 (1939).
[7]) Siehe v. Weizsäcker l. c. sowie Houtermans und Jordan l. c.
[8]) Nimmt man eine zeitliche Veränderlichkeit des β-Zerfalls nach Houtermans und Jordan l. c. an, dann wird die Diskrepanz, wie eine genauere Diskussion ergibt, vermindert, jedoch nicht vollständig behoben.

Zur Kenntnis der Molybdänoxyde und des Molybdänblau.

Bei der Reduktion von Molybdäntrioxyd oder Molybdaten sowie bei der Oxydation von Molybdän oder Molybdänverbindungen niedriger Wertigkeitsstufe entstehen blaue Produkte, über deren Eigenschaften sehr abweichende Angaben im Schrifttum enthalten sind[1]). Wir beschäftigen uns seit einiger Zeit mit den einfachen Molybdänblauarten und unterscheiden nach unseren Versuchsergebnissen: 1. Molybdänblauoxyde und 2. Molybdänblauhydrate. Letztere treten in kristallinen und röntgenamorphen Modifikationen auf. Das Studium der einfachen Molybdänblauarten erfordert aber die Kenntnis der Verhältnisse im System Molybdän—Sauerstoff.

Von den Molybdänoxyden sind bis jetzt nur MoO_2 und MoO_3 durch Röntgenanalyse bestätigt worden. Durch Synthese aus Molybdänmetall und Molybdäntrioxyd wurden Oxydgemische im Bereich von $MoO_{0.10}$ bis $MoO_{2.97}$ hergestellt und durch zweimaliges tagelanges Tempern auf 600° die Mischung in Reaktion gebracht. Durch Analyse und Röntgenaufnahmen wurden folgende Phasen festgestellt: α-Phase $(\overline{MoO_3})$ von MoO_3 bis $MoO_{2.95}$, β-Phase $(\overline{Mo_4O_{11}})$ von $MoO_{2.75}$ bis $MoO_{2.65}$, γ-Phase $(\overline{MoO_2})$ von $MoO_{2.08}$ bis $MoO_{1.97}$. Zwischen den Existenzbereichen der Phasen sind Zweiphasengebiete der α- und β-Phase bzw. der β- und γ-Phase. Durch Messungen des elektrischen Widerstandes werden die Phasengrenzen bestätigt. Die β-Phase ist oberhalb 650° im Vakuum nicht mehr beständig, sie zerfällt in MoO_3 und MoO_2.

Bei den Molybdänblauoxyden handelt es sich im wesentlichen um wenig reduziertes MoO_3 (etwa $MoO_{2.95}$), das in manchen Fällen beim Liegen an der Luft wieder in MoO_3 übergeht.

Die Bildungsreaktionen der Molybdänblauhydrate sind zahlreich: man reduziert MoO_3 oder Molybdate in Lösung oder aufgeschlämmt, man oxydiert Molybdän oder man läßt Verbindungen des VI-wertigen Molybdäns mit Verbindungen niederer Wertigkeit reagieren. Wir haben gefunden, daß bei allen Reaktionen, wo das Molybdänblau aus Lösungen ausfällt, röntgenamorphe, lösliche Produkte entstehen. Für zwei nach verschiedenen Verfahren gewonnene Blauhydrate mit 15 bzw. 13,4% Wassergehalt, wurde durch isobaren Abbau — bei kontinuierlicher Wasserabgabe — die Zusammensetzung $MoO_{2.75} + xH_2O$ sichergestellt. Der Reduktionsgrad $MoO_{2.75}$ ist in Übereinstimmung mit den Angaben von Hein[2]), der für kolloide Molybdänblaulösungen Mo_4O_{11} $(= MoO_{2.75})$ ermittelte. Bei längerer Einwirkung von Luft verhalten sich die amorphen Blauhydrate nicht gleich; die oben beschriebenen bleiben nach vier Jahren blau und amorph, der Reduktionsgrad ist vermindert ($MoO_{2.96}$ z. B.) und der Wassergehalt hat abgenommen. Ein nach anderer Vorschrift dargestelltes amorphes Blauhydrat ist im gleichen Zeitraum vollkommen in $MoO_3 \cdot 2H_2O$[3]) übergegangen. Ein kristallines Molybdänblauhydrat erhält man bei der Reduktion von in Salzsäure aufgeschlämmtem MoO_3 mit Zinnchlorür, Zink, Aluminium, Molybdän, oder beim Stehenlassen eines wäßrigen Molybdäntrioxydschlammes mit Molybdän. Analyse und isobarer Abbau lassen dieses Hydrat als $MoO_{2.75} \cdot \frac{1}{4} H_2O = Mo_4O_{11} \cdot H_2O$ formulieren. Der Rückstand vom isobaren Abbau ist, obwohl analytisch die Zusammensetzung $MoO_{2.75}$ resultiert, nicht mit Mo_4O_{11} identisch, sondern besteht aus MoO_3 und MoO_2. Ein anderes kristallines Blauhydrat entsprach nach Analyse und isobarem Abbau der Formel $Mo_2O_5 \cdot H_2O$. Auch hier war der Rückstand vom isobaren Abbau ein Gemisch von MoO_3 und MoO_2. Es läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß in den beiden kristallinen Molybdänblauhydraten Oxyde zugrundeliegen, in denen IV- und VI-wertiges Molybdän enthalten ist. Die Reduktionsstufe $MoO_{2.50}$ ist die untere Grenze für die Blauhydrate: Präparate, die weiter reduziert sind, sind nicht mehr blau. Bei jahrelangem Liegen an der Luft vermindert sich bei $Mo_4O_{11} \cdot H_2O$ der Reduktionsgrad und der Wassergehalt nimmt ab. Durch isobaren Abbau und Messungen des elektrischen Widerstandes wird der Übergang von $Mo_4O_{11} \cdot H_2O$ in MoO_3 sehr wahrscheinlich gemacht.

Die Arbeiten werden fortgesetzt.

Aachen, Institut für anorganische Chemie und Elektrochemie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule.

Oskar Glemser, Gertrud Lutz.

Eingegangen am 5. November 1947.

[1]) Ausführliche Literatur in Gmelins Handbuch der anorgan. Chemie. 8. Auflage, System Nr. 53 Molybdän, S. 134.
[2]) F. Hein, I. Burawoy u. H. Schwedler, Kolloid-Ztschr. **74**, 35 (1936).
[3]) A. Rosenheim, Z. anorgan. Chem. **50**, 320 (1906).

Erwiderung auf:

J. Willems und A. Giltgens „Über orientierte Aufwachsungen von hexasubstituierten Benzolderivaten auf organischen Trägergittern"[1]).

Die vorstehend genannte Veröffentlichung enthält im wesentlichen die Kritik einer Arbeit des Unterzeichneten (Monatshefte d. N. Jb. f. Min. 1943, Abt. A, S. 189-93). Hierbei werden zitierte Stellen mehrfach schon im Wortlaut nicht korrekt wiedergegeben. Ein Beispiel. Die Verfasser zitieren: die Versuche blieben „ohne klares Ergebnis", während es in meiner Arbeit heißt: „bisher ohne klares Ergebnis". Der Sinn dieses „bisher" ergibt sich aus S. 192 (unter b) meiner Arbeit: „Ob Orientie-

rungseffekte der vorstehenden Art auch gänzlich ohne Vorhandensein polarer Kräfte möglich sind, läßt sich zur Zeit nicht beantworten, da die hierzu notwendigen Verwachsungsexperimente mit einer hinreichend verfeinerten Technik noch nicht ausgeführt worden sind." Derartige nicht korrekte Zitierungen, zusammen mit willkürlichen Aneinanderfügungen einzelner Zitatteile zu einem neuen Satz ergeben naturgemäß ein unrichtiges Bild meiner Arbeit. Hierauf sei ohne weiteres Eingehen auf die eigene Arbeit, wie auf die Kritik von J. Willems und A. Giltges, aufmerksam gemacht. Es sei ferner hingewiesen auf eine ausführliche weitere Arbeit des U. über obiges Thema, in der neben zahlreichen und prinzipiellen neuen Befunden auch eine allgemeine Behandlung der Wechselwirkungsenergien orientierter Aufwachsungen gegeben wird (seit Juni 1944 in den Monatsheften d. N. Jb. f. Min. im Druck).

A. Neuhaus.

[1]) Naturwiss. 33. Jg., H. 11, S. 345.

Stellungnahme zu der voranstehenden Erwiderung von A. Neuhaus.

Unsere in der vorstehenden Erwiderung erwähnte Veröffentlichung enthält im wesentlichen die Beschreibung von neuen experimentellen Ergebnissen, die im Gegensatz zu früheren Befunden von A. Neuhaus stehen. Die von uns gegebene Deutung der neuen Ergebnisse weicht von den von A. Neuhaus entwickelten Vorstellungen ab.

Die Erwiderung bestreitet weder unsere experimentellen Ergebnisse noch deren theoretische Deutung, sondern beschränkt sich ausschließlich auf eine Beanstandung unserer Zitierungen.

Bei dem Versuch, der nach dem in der Erwiderung erwähnten Zitat „bisher ohne klares Ergebnis!" blieb, diente NaCl, also eine polare Verbindung, als Träger. Es ist uns daher unverständlich, wie sich der Sinn dieses „bisher" aus S. 192 (unter b) ergeben soll, da a. a. O. die Frage aufgeworfen wird: „Ob Orientierungseffekte der vorstehenden Art auch gänzlich ohne Vorhandensein polarer Kräfte möglich sind, . . ."

Da die Kritik nur dieses eine Zitat erwähnt, müssen wir es uns versagen, auf den Vorwurf mehrfach unkorrekter Zitierungen einzugehen.

J. Willems, A. Giltges.

Über metallorganische Komplexverbindungen.

Auf der Suche danach, die Metallierung von Kohlenwasserstoffen mittels Phenyl-lithium gemäß der Austauschreaktion:

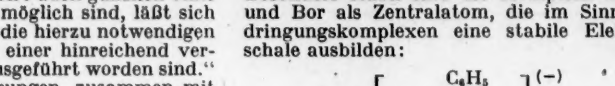
$$RH + C_6H_5Li \rightarrow RLi + C_6H_6$$

katalytisch zu beschleunigen, stießen wir auf stabile Anlagerungsverbindungen von Phenyl-lithium an andere metallorganische Verbindungen. So bildet sich aus *Aluminium-triphenyl* und Phenyl-lithium in ätherischer Lösung unter Aufsieden des Lösungsmittels die metallorganische Komplexverbindung $[(C_6H_5)_4Al]\,Li$, die so beständig ist, daß das gebundene Phenyl-lithium mit Benzophenon nicht mehr reagiert. Da es seine sonst so überaus große Additionsfreudigkeit eingebüßt hat, vermag es auch nicht mit dem zum Gilman-Test verwendeten Michlerschen Keton sich umzusetzen. Man kann daher mit diesem Tüpfelreagenz die Bildung von Koordinationsverbindungen aus lithium-organischen mit anderen metallorganischen Komponenten titrimetrisch verfolgen.

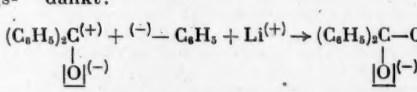
Beim Zufügen von Phenyl-lithium zu anderen Phenyl-derivaten in Äther gewann man die folgenden Komplexverbindungen außer der genannten:

$$[(C_6H_5)_4B]\,Li \quad [(C_6H_5)_3Zn]\,Li \quad [(C_6H_5)_3Be]\,Li.$$

Es handelt sich um farblose, in Äther lösliche Präparate, deren Komplexbeständigkeit in der angegebenen Reihenfolge von der aluminium-organischen bis zur beryllium-organischen Verbindung hin abnimmt. Besonders stabil sind die Komplexe mit Aluminium und Bor als Zentralatom, die im Sinne von Durchdringungskomplexen eine stabile Elektronenachterschale ausbilden:



Das Phenyl-lithium hat seine Additionsfreudigkeit verloren, da das Elektronendublett im anionischen Phenyl, dem die metallorganische Verbindung ihre Reaktionsfähigkeit z. B. gegenüber Benzophenon verdankt:



durch Bindung an das Koordinationszentrum Al oder B engagiert ist.

Mit Säurechloriden hingegen vermögen sich die Komplexverbindungen umzusetzen; so entsteht bei der Einwirkung von *Benzoylchlorid* auf den aluminium-organischen Komplex das Benzophenon:

$$[(C_6H_5)_4Al]\,Li + C_6H_5 \cdot CO \cdot Cl = (C_6H_5)_3Al + C_6H_5 \cdot CO \cdot C_6H_5 + LiCl.$$

Ein ausführlicher Bericht erfolgt nach Abschluß dieser Arbeiten, die mit Unterbrechungen seit 1944 durchgeführt wurden, in einer chemischen Fachzeitschrift[1]).

Chemisches Institut der Universität Tübingen.

Georg Wittig und Georg Keicher.

Eingegangen am 14. November 1947.

[1]) Zu dieser vorläufigen Mitteilung veranlaßt uns eine kürzlich erschienene Arbeit von A. E. Finholt, A. C. Bond u. H. J. Schlesinger, J. Am. chem. Soc. 69. 1199 (1947) über die Komplexverbindung $[H_4B]\,Li$, von der wir Derivate auf anderem Wege mit gleicher Zielsetzung unabhängig von ihren Untersuchungen hergestellt haben.

Versuche zur Reindarstellung einer Kartoffelphosphatase.

B. Helferich und H. Stetter berichten in einem Vortrag, dessen Referat[1]) uns jetzt bekanntgeworden ist, über Versuche zur Reinigung der bei *pH* 5,8 optimal wirksamen Phosphatase aus Kartoffeln, die zuerst von E. Pfankuch[2]) nachgewiesen wurde. Sie erhielten durch fraktionierte Aceton- und Tanninfällungen ein Präparat, das 190 Phosphataseeinheiten (PE) je mg Trockengewicht besaß. Sie halten diesen Wert für einen der höchsten, der für eine pflanzliche Phosphatase erreicht wurde. Diese Mitteilung veranlaßt uns, auf einige eigene Versuche zur Reinigung dieser Phosphatase hinzuweisen, deren Ergebnisse zum größten Teil in einer Dissertation (H. Flammersfeld, Berlin 1945) niedergelegt sind, wo sie aber infolge der Zeitumstände der Allgemeinheit wohl kaum zugänglich geworden sind.

Die Anreicherung wurde unter den gleichen Bedingungen verfolgt, wie von Helferich und Stetter, nur wurde statt Monophenylphosphat Glycerophosphat als Substrat gewählt. Bei der ausgeprägten Unspezifität des Enzyms wird sich hierdurch wohl kaum ein Unterschied ergeben. Nach den Erfahrungen von 5 Ansätzen erwies sich folgende Aufarbeitung als zweckmäßig: Kartoffelpreßsaft (etwa 8 l) wurde bis zu 0,3facher Sättigung mit Ammonsulfat versetzt, wodurch unwirksame Begleitstoffe entfernt werden. Durch Halbsättigung wird dann das wirksame Protein ausgefällt. Der in einem kleinen Volumen aufgenommene Niederschlag wird unter sorgfältiger Kontrolle durch den Test weiter mit Ammonsulfat fraktioniert. Bis zu einem Sättigungsgrad von etwa 0,4 fallen weniger wirksame Proteine aus, durch anschließende Vollsättigung erhält man nun eine hochwirksame

Fraktion. Diese wird dann 48 Stunden gegen Wasser dialysiert. Hierbei fallen unwirksame Globuline aus, wodurch die Wirksamkeit des in Lösung bleibenden Proteins auf 280 PE/mg Protein steigt. Zur weiteren Reinigung eignet sich am besten eine fraktionierte Alkoholfällung. Durch Zusatz des halben Volumens eiskalten Alkohols zu der Enzymlösung werden zunächst Verunreinigungen entfernt. In 50%igem Alkohol fällt dann ein Protein aus, das eine *Wirksamkeit von 670 PE je mg* besitzt. Die Ausbeute beträgt 13% der Gesamtaktivität des Preßsaftes. Da das Enzym, wie bereits Pfankuch[2]) feststellte, gegen Schwermetalle sehr empfindlich ist, ist während der Aufarbeitung auf größtmöglichste Reinheit der Reagentien zu achten.

Die von uns erreichte Wirksamkeit scheint bedeutend höher zu sein als die von Helferich und Stetter angegebene. Da jedoch keinerlei Anhaltspunkte dafür bestehen, daß das Enzym rein ist und eine eindeutige Kristallisation nicht beobachtet werden konnte, haben wir bisher von einer ausführlichen Veröffentlichung unserer Ergebnisse abgesehen. Als Ergänzung zu der Mitteilung von Helferich und Stetter haben jedoch diese unvollständigen Versuche vielleicht ein gewisses Interesse.

Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie, Abt. Virusforschung, Tübingen.

Gerhard Schramm, Heinz Flammersfeld.

Eingegangen am 2. Dezember 1947.

[1]) Ang. Chem. **59**, 176 (1947).
[2]) Z. physiol. chem. **241**, 31 (1936).

Grüngefärbte menschliche und tierische Haare.

Seit Jahrhunderten sind grüngefärbte Kopf- und Barthaare als auffällige Erscheinungen bei Kupferarbeitern, besonders bei Arbeitern in Kupferbergwerken, bekannt. Jedoch läßt auch die ausführliche Mitteilung von Th. Lochte und K. Feist[1]) aus dem Jahre 1938 noch eine restlose, prinzipielle Klärung der chemischen Ursachen dieser merkwürdigen, auf Umwelteinflüsse zurückgehenden Auffärbung von Keratinfasern vermissen.

Im Verlaufe unserer jahrelangen Untersuchungen über die Heißwasserbehandlung von Haaren bei Gegenwart von Schwermetallen[2]) wurden Befunde erzielt, die nunmehr eine befriedigende Deutung der alten Problemstellung gestatten. Auch hier liegt die Ursache in der Reaktionsbereitschaft der Disulfidbindungen der Haarkeratine.

Zunächst zeigte es sich, daß Haare überraschend leicht, schon bei einem *pH* um 6, mit Wasser in der Wärme bei Anwesenheit von Kupferpulver (oder schwer löslichen Kupferverbindungen wie etwa Cu_2O) reagieren und beträchtliche Mengen von Cu einlagern. Luft—O_2 hatte hierbei Zutritt. In Schafwollfasern oder Wollgarne konnten so etwa bei einer Reaktionsdauer von 10 Tagen bis zu 12% Cu eingelagert werden. Die Haare, die mit ansteigendem Cu-Gehalt zunehmende Schädigung erleiden, aber ihre Faserstruktur behalten, färben sich je nach der Behandlungsdauer wunderschön *rostbraun* bis *dunkelbraun*.[3]) Die intensiv gefärbten Fasern lassen sich mit conc. HCl leicht entkupfern.

Hinsichtlich der Reaktionsfähigkeit mit dem Haarkeratin nimmt Cu unter den untersuchten Metallen (Hg, Cd, Zn, Pb, Fe, Bi) eine auffällige Sonderstellung ein. An den SS-Bindungen erfolgt dabei weitgehender Umsatz. Es kommt zu einer raschen Abnahme des Cystingehaltes und zu einer Umwandlung des disulfidisch in sulfidisch gebundenen Schwefel. Letzterer betrug beispielsweise in einem Wollgarn nach 10tägiger Behandlung etwa die Hälfte des ursprünglichen S-Gehaltes. Die Flotten enthielten N, der teilweise als NH_3—N vorlag.

Es muß angenommen werden, daß sich in dem System Haar, Wasser, Cu und O_2 eine komplizierte Reaktionsfolge abspielt. Neben der hydrolytischen Sprengung der SS-Bindungen durch Wasser werden Cupriionen im Sinne der Beobachtungen von P. W. und D. B. Preisler[4]) mit den SS-Gruppen reagieren. Diesen Primärreaktionen schließen sich dann Folgereaktionen an. Zur Bindung der hohen Cu-Mengen reicht der sulfidisch gebundene Schwefel nicht aus. Man muß folgern, daß Cu auch noch an funktionelle Gruppen des veränderten Haarkeratins haftet. Hierfür kommen in erster Linie SH-Gruppen (Mercaptidbildung) und sauere Gruppen in Frage, die bei der Umwandlung der SS-Bindungen entstehen.

In bezug auf die Sonderstellung des Cu brachte die röntgenographische Untersuchung von Cu-Haaren und Cu-Wollfasern eine weitere Überraschung. Prof. H. Ott vom Physikalischen Institut der Universität Würzburg nahm von solchen und anderen metallbehandelten Fasern Röntgendiagramme auf. Während bei letzteren Präparaten sich die eingelagerten, die Farbe der Haare bedingenden Schwermetallsulfide (CdS, ZnS, PbS, FeS, Bi_2S_3) röntgenographisch glatt identifizieren ließen, waren in den Röntgendiagrammen von Cu-Wollen niemals Interferenzringe zu beobachten. Sämtliche Aufnahmen zeigten außer den Keratininterferenzen eine auffallende diffuse Schwärzung, die mit abnehmenden Beugungswinkeln stark ansteigt, aber keinen wenn auch noch so breiten Beugungsring erkennen läßt. Dieser Schleier rührt zweifellos von den zahlreichen und stark streuenden Cu-Atomen her[5]), die sich offensichtlich nicht zu einem Gitterverband zusammengefunden haben. Nach dem röntgenographischen Befund liegt also keine Cu-Verbindung, etwa ein Cu-sulfid, in *kristalliner* Form vor. Damit wird aber die chemisch nahegelegte Bindung des Sulfid-S an Cu in Form von freien Molekülen, etwa als Cu_2S (wie bei den anderen Metallen), überhaupt fraglich, denn nach allen Erfahrungen der Röntgenkunde wäre das Auftreten des freien Sulfids in so ausgesprochen *amorpher* Form und dazu noch in solcher Menge ein einzigartiger Fall. Vielleicht ist die intensive Färbung der Haare durch eine Cu-Komplexverbindung zu deuten, an deren Zustandekommen die veränderte Keratinmolekel wesentlich mitbeteiligt ist.

An den gleichmäßig und intensiv gefärbten Cu-Wollen wurde nun die auffällige Beobachtung gemacht, daß sich die Farbe im Verlaufe von ein paar Wochen veränderte. Schließlich hatten wir *grüngefärbte* Haare in Händen. Der Vorgang konnte durch Aufbewahrung der Cu-Wollen in einem Brutschrank in feuchter Atmosphäre bei Lichtzutritt deutlich beschleunigt werden. Damit ergab sich die Beziehung zu der eingangs erwähnten Problemstellung.

Der Farbumschlag ist durch einen Autoxydationsvorgang zu erklären, durch den die braune Cuproverbindung der Haare in eine grüne Cupriverbindung übergeführt wird. Dieser Prozeß wird durch Wärme, Feuchtigkeit und Licht katalysiert. Vielleicht kommt es dabei auch zu einer Oxydation des sulfidisch gebundenen Schwefels.

Unsere Modellversuche gestatten eine widerspruchslose Deutung des Zustandekommens der grüngefärbten Haare bei Kupferarbeitern und beseitigen irrtümliche und unklare Vorstellungen hierüber. Es sind hierbei zwei Stadien auseinanderzuhalten, nämlich die primäre, auf der Reaktionsfähigkeit des Haarkeratins beruhende Einlagerung von Cu und die Autoxydation der eingelagerten Cu-Verbindung. Einzelheiten der interessanten Vorgänge müssen weiteren Versuchen vorbehalten bleiben.

Würzburg. A. Schöberl.

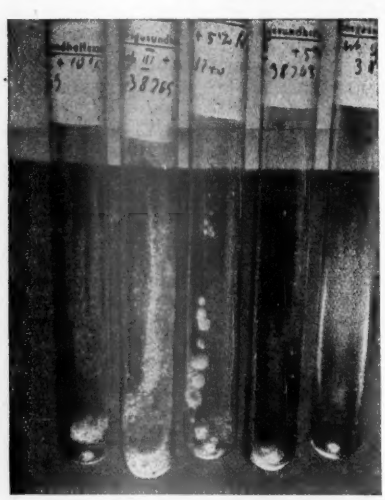
Eingegangen am 26. November 1947.

[1]) Beiträge zur Haut-, Haar- und Fellkunde. Bd. II, S. 49 (1938).
[2]) Vgl. Vortragsbericht A. Schöberl, Klepzigs Textilztschr. **46**, 81 (1943); die Versuche, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet wird, konnten bis zum Jahre 1945 durchgeführt werden.
[3]) Ähnliche Effekte lassen sich auch mit Lösungen von Cu-Salzen erzielen.
[4]) Journ. Americ. chem. Soc. **54**, 2984 (1932).
[5]) Aber nicht von der etwa angeregten K-Strahlung des Cu, da eine solche Anregung durch Filterung des Primärstrahles mit einer Ni-Folie verhindert wurde.

Beeinflussung des Tuberkulosewachstums durch Quarzstaub.

Je weiter eine Silikose fortgeschritten ist, desto häufiger ist sie mit einer Tuberkulose vergesellschaftet. Nicht geklärt ist hierbei die primäre Wechselwirkung zwischen Tuberkulose und Silikose[1]). Zur Nachprüfung der spezifischen Wirkungsweise des Quarzstaubes haben wir mit verschiedenartigen Nährböden und frischgebrochenem Quarz, der bekanntlich bei der Entstehung von Silikosen besonders wirksam ist, Versuche durchgeführt, die zu folgendem Ergebnis führten:

Nährstoffreiche Nährböden (Petragnani), bei denen die TB-Kulturen (Typ. hum.) schnell angingen, zeigten keinerlei Differenzierung, gleichgültig ob mit Quarz oder ohne, sondern meistens ein schnelles üppiges Wachstum. Nährstoffarme Nährböden (Glyc. Agar) trockneten bei längerer Versuchsdauer ein, bevor sich ein Angehen der Impfkulturen zeigte. Bei 3%igem Glycerin-Agar war es jedoch möglich, einen Nachweis über die Wachstums-begünstigende Wirkung des Quarzstaubes auf TB-Kulturen zu erhalten (Fig.). Von



den hierzu verwandten Bakterienstämmen Washington I, II und III[2]) ist in der Figur eine Versuchsreihe mit Wash. III gezeigt, und zwar: eine Kontrolle, je ein Röhrchen mit 5% Quarz (grob und fein gepulvert) und je ein Röhrchen mit 10% Quarz (grob und fein gepulvert). Die Fig. zeigt die Kulturen nach Ablauf von 3 Monaten. Bei den Kontrollen war praktisch kein Angehen der Kulturen zu beobachten. Die 10% Quarz enthaltenden Röhrchen zeigten ein stärkeres Wachstum. Nach 31 Tagen war noch kein Angehen der Kulturen zu bemerken gewesen. Die Petragnani-Kulturen, mit den gleichen TB-Stämmen beimpft, zeigten zum Teil bereits nach 3 Tagen üppiges Wachstum. Hiernach erscheint es sicher, daß Quarzstaub das Wachstum der Tuberkelbazillen begünstigt, möglicherweise inaktive Tuberkulosen aktiviert, wie aus den Beobachtungen an Silikotuberkulösen sowie bei Tierversuchen auch erwartet werden durfte.

Auf Grund dieser Versuche erscheint es nunmehr möglich, die Frage experimentell zu klären, ob Quarzstaub oder freie Kieselsäure sich mit körpereigenen bzw. Nährböden-Stoffen zu einer das Wachstum der TB-Bakterien besonders begünstigenden Komponenten verbindet, also einen besonders günstigen Nährdoden, wie Kettle[3]) z. B. annimmt, bildet, oder ob z. B. Quarzstaub bzw. freie Kieselsäure etwa durch Adsorption oder Fällung bestimmter Kolloidsubstanzen, Schutzstoffe von an sich gegen die Tuberkulose wirksamen Verbindungen inaktivieren. Diese Untersuchungen, die bisher an das chemisch unübersichtliche Tierexperiment gebunden waren, können hiernach mit einfacheren Hilfsmitteln durchgeführt werden.

Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, Berlin-Dahlem

Luise Holzapfel.

Eingegangen am 28. Oktober 1947.

[1]) Holzapfel, Luise, Staub Heft 21 (1944), vgl. auch besonders Jötten, Vortrag 2. 7. 43. Reichsstelle f. Arbeitsschutz.

[2]) Die Durchführung der Versuche ist, nachdem unsere eigenen Kulturen durch den Krieg und erneut durch den kalten Winter völlig zerstört waren, dem großen Entgegenkommen und der Unterstützung von Prof. Zeller im Institut für allgemeine Hygiene zu verdanken. Die Versuche konnten hier mit Frl. Pescatore durchgeführt werden.

[3]) Kettle, Brit. med. J. 3736, 281 (1932).

Biologischer Abbau der Graphitsäure.

Graphitsäure in micellarer Lösung kann zu Gelen und Gallerten erstarren[1]). Diese Gallerten lassen sich zu bakteriologischen Arbeiten mit festen Kulturen nach dem Plattenverfahren von Koch heranziehen. Man kann Nährstoffe und -salze hinzufügen. Insbesondere gedeihen Schimmelpilze wegen der sauren Natur der Gele gut darauf.

Einige Spaltpilze brauchen keine weitere Kohlenstoffquelle als Graphitsäure, wie sich herausgestellt hat. Aus der Luft stammende Sporen einiger Arten von Penicillium und Aspergillus keimen aus und wachsen auf der Graphitsäuregallerte nur mit Ammonsulfat, Kaliumphosphat, Magnesiumsulfat und Natriumchlorid. Sie verwerten Graphitsäure als Kohlenstoffquelle, bauen daraus ihre Leibessubstanz auf und bestreiten davon ihren C-stoffwechsel.

Man kann so vorgehen, daß man die Nährsalze gleich anfangs zufügt oder so, daß man in eine flache Kulturschale zuunterst ein Filter einlegt, getränkt mit c-freier Nährlösung aus 0,2% Ammonsulfat, 0,1% Dikaliumphosphat, 0,05% Magnesiumsulfat und 0,05% Natriumchlorid, mit 20 ccm Graphitsäuresol überschichtet (0,07%) und beimpft oder einige Stunden offen an der Luft stehen läßt.

Nach einigen Tagen Verweilen bei 25° zeigt sich Mycel und später kommen Conidien. Schließlich überwuchert das Mycel die gesamte Oberfläche des Gels.

Die Natur der entstehenden Abbauprodukte — vermutlich niedermolekulare Säuren — wird näher untersucht. Außer den beiden Pilzarten fanden wir häufig Bakterien sporenbildender Arten (ähnlich den Cellulosezersetzern im modernden Laub). Diese zeigen auf *Bn* und Blutplatten starkes Wachstum, Hämolyse, ausgeprägte Sporenbildung.

Graphitsäure kann demnach als Gelnährboden für Arbeiten mit Bakterien und besonders Pilzen verwendet werden. Darüber hinaus kann sie als Kohlenstoffquelle für Bakterien und Pilze bestimmter Art dienen. Sie wird von diesen biologisch oxydiert und abgebaut. Optimale Temperatur ist 25° bei ausreichender Feuchte. Bei 37° war kein besseres Wachstum zu finden, vorausgesetzt man arbeitet mit Oberflächenkulturen.

Daß Aminosäuren an Graphitsäure gebunden von Oospora lactis verwendet werden können, hat Hamdi[2]) beschrieben. Die Veröffentlichung unserer früheren Ergebnisse hat sich durch einige Umstände verzögert.

Kiel, Hygien. Institut der Universität.

Heinrich Thiele.

Eingegangen am 8. Oktober 1947.

[1]) Erscheint demnächst in der Kolloidzeitschrift.

[2]) Hamdi, H., Koll. Beih. 54, 554 (1943).

Oberflächenspannung und fungicide bezw. bakericide Wirkung.

Die Bedeutung der Oberflächenspannung für das biologische Geschehen ist offensichtlich, jedoch ist nicht genügend geklärt, wie weit die Erhöhung der Oberflächenaktivität die lebenhemmende Wirkung z. B. in homologen Reihen steigert. Gegenüber den wenig einheitlichen älteren Arbeiten ergaben Versuche mit *penicillium glaucum*, daß sich der Einfluß

von homologen Alkoholen der Fettreihe bis auf das herausfallende Verhalten von Methykalkohol nahezu ideal mittels der Traubeschen Regel darstellen läßt, bis zu der Begrenzung durch die Löslichkeit bei Cetylalkohol (Fig. 1). Die erforderlichen Konzentrationen sinken danach bei gleichbleibender Hemmung ebenso wie bei gleichbleibender Oberflächenspannung. Es besteht danach Übereinstimmung zwischen Wirksamkeit und Oberflächenspannung. Nach der Gleichung von Gibbs entsprechen gleicher Ob. Sp. die gleiche Zahl von Molekülen in der Grenzfläche Luft/Lösung oder auch penicillium-spore-Lösung. Daß es lediglich darauf ankommt, die gleiche Zahl von Molekülen in der Grenzfläche, also dem Ort der Wechselwirkung zwischen Spore und Agens, anzuhäufen, zeigt der Übergang von einem Alkohol zu einem Ester, Hexyllaktat. Bei einer Oberflächenspannung, die zwischen Hexylalkohol und Octylalkohol liegt, hat Hexyllaktat auch eine entsprechende Wirksamkeit.

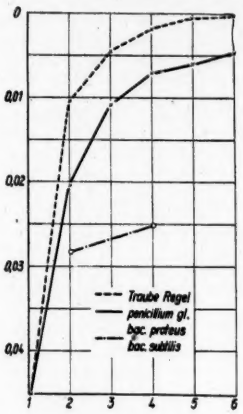


Fig. 1.

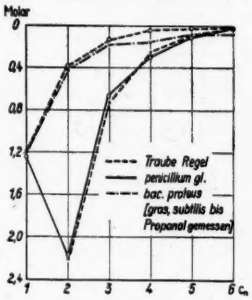


Fig. 2.

Stoff	Wirksamkeit	Ob. Sp. dyn/cm bei mol 0.002
Hexylalkohol	0.02	68.2
Hexyllaktat	0.05	54.1
Octylalkohol	0.003	40.1

Da die penicillium-Sporen auf die Oberfläche der Nährlösung aufgestreut werden, kann es sich bei penicillium auch um eine Anreicherung in der Grenzfläche Luft/Lösung handeln, obwohl es unwahrscheinlich ist, daß die Sporen weniger als ein Moleküldicke in die Oberfläche eintauchen. Diese Möglichkeit verschwindet aber bei Bakterien, die im Innern der Flüssigkeit geimpft werden. Auch hier finden wir bei bacbroteus B., Gras und suptilis bis Propanol eine gute Übereinstimmung mit der Traubeschen Regel. Daß diese bei den höheren Alkoholen nicht mehr gegeben ist, dürfte an der starken Hydrophilie der Bakterienaußenschicht gelegen sein, die die höheren Alkohole nicht mehr permeieren läßt.

Die Wirksamkeit der Fettsäuren geht bei penicillium gl und noch weniger bei Bakterien mit der Traubebeziehung symbat. Dieses dürfte bei pen.gl. auf die sinkende Dissoziation mit steigender Kette zurückzuführen sein, da diese von ausschlaggebendem Einfluß ist (Fig. 2). Puffert man nämlich die wirksame Konzentration von Essigsäure bzw. Buttersäure bei gleichbleibendem Acetat bzw. Butyrat oder aber gleichbleibendem Säuregehalt ab, so ergibt sich folgende Wachstumshemmung.

pH	3.2	5.0	5.9	6.6
Essigsäure				
0.025 mol acetat	– – –	+ + +	+ + +	+ + +
0.05 „ „	– – –	– – –	+ + +	+ + +
0.025 „ Säure	– – –	+ + +	+ + +	– – –
Buttersäure				
0.01 mol butyrat	– – –	+ + +	+ + +	+ + +
0.02 „ „	– – –	– – –	+ + +	+ + +
0.01 „ Säure	– – –	– – –	+ + +	– – –

0.025 mol Essigsäure bzw. 0.01 mol Buttersäure hemmt nur bei $pH = 3.2$. Die Hemmung bei $pH = 6.6$ ist auf den Acetat bzw. butyrat Gehalt gemäß einem Leerversuch zurückzuführen. Die Hemmung bei 0.05 bzw. 0.02 mol bei $pH = 5.0$ ist vielleicht durch eine verstärkte, allerdings nicht meßbare Anhäufung der oberflächenaktiven Säure in Gegenart ihres Salzes zu deuten. Die Hemmung bei $pH \cdot 5.0$ bei 0.01 mol Buttersäure hängt wohl damit zusammen, daß 0.01 nicht scharf die Hemmungskonzentration darstellt, da auch noch bei 0.008 mol eine diffuse Hemmung eintritt. Ein Überschlag nach der Gleichung von Gibbs ergibt, daß bei 0.025 mol Essigsäure sich etwa 1 mol/lit in der Oberfläche befinden. Zur Untersuchung von Bakterien stand lediglich Essig- und Buttersäure zur Verfügung. Eine Verbindung mit der Traubeschen Regel scheint hier nicht mehr gegeben. Die Messungen zeigen, daß es in gleicher Weise auf den Gesamtgehalt an Säure nicht des Anions allein, überraschenderweise aber, daß es nicht auf ihren Dissoziationszustand ankommt. Der säurefeste Bac Gras zeigt, wie zu erwarten, eine erhöhte Resistenz.

pH	3.2	5.0	5.9	6.6	untersucht
Essigsäure					
0.028 mol acetat	– – –	+ + +	+ + +	+ + +	bac proteus
0.05 „ „	– – –	– – –	+ + +	+ + +	subtilis
0.028 „ Säure	– – –	– – –	– – –	– – –	„
Buttersäure					
0.025 mol butyrat	– – –	– – –	+ + –	+ + +	bac proteus

Die Arbeit wurde im Koll. Chem. Inst. d.T.H. Berlin und im Hygien. Institut der Universität Göttingen ausgeführt. Herrn J. Bürgers möchte ich für seine Unterstützung besonderen Dank sagen.

Hermann Engelhard, Oskar Müller, Karl Bertl.

Eingegangen am 15. März 1947.

Besprechungen.

Wilhelm Schlink, **Technische Statik.** Ein Lehrbuch zur Einführung ins technische Denken. Unter Mitarbeit von Heinrich Dietz. Zweite und dritte, erweiterte Auflage. Springer-Verlag, Berlin 1946. X, 431 Seiten. Preis 27.60 RM.

Die Darstellung eines Teilgebietes der Physik für die Bedürfnisse des Ingenieurs befaßt sich — im Gegensatz zu der in einem Lehrbuch für Physiker üblichen Stoffauswahl — in erster Linie mit den Methoden, die eine Anwendung der physikalischen Erkenntnisse in der Technik ermöglichen. Demgegenüber treten eingehende Erörterungen physikalischer Begriffe und Gesetzmäßigkeiten zurück. So wird es vom Standpunkt des Ingenieurs aus i. a. nicht beanstandet werden, daß der Verfasser es bewußt unterläßt, dem Lehrbuch der technischen Statik eine genaue Definition des Hauptbegriffs der Statik, der Kraft, voranzustellen. Hingegen wird in der Technik auch für ein Gebiet, dessen physikalische Grundlagen seit Jahrhunderten feststehen, eine „moderne" Darstellung erwartet, und zwar sowohl hinsichtlich der angewandten Berechnungsmethoden als auch in bezug auf die Gestaltung der zu untersuchenden Konstruktionen. In dieser Beziehung wird das Werk wohl alle Erwartungen erfüllen, die man auf ein Lehrbuch, das sich ja aus didaktischen Gründen gewisse Beschränkungen in der Auswahl des Stoffes und der Anwendungsbeispiele auferlegen muß, setzen kann.

Das Buch, das im wesentlichen ein Niederschlag der langjährigen Vorlesungstätigkeit des Verfassers an der Technischen Hochschule Darmstadt ist, wendet sich in gleicher Weise an Studenten des Bau- und des Maschineningenieurwesens, wird jedoch dank der mit außerordentlichem Geschick ausgewählten und völlig durchgearbeiteten sehr zahlreichen Übungsbeispiele auch als Nachschlagebuch für den im Beruf tätigen Ingenieur von Nutzen sein.

Die Stoffauswahl ist sehr eng gefaßt; der Verfasser beschränkt sich auf die Statik des starren Körpers, verzichtet also auf Formänderungsbetrachtungen und somit auf die Untersuchung statisch unbestimmter Systeme völlig. Innerhalb dieses engen Bereichs ist jedoch die Darstellung äußerst gründlich.

Die Gliederung ist die in den Statikvorlesungen der ersten Semester übliche: Kräfte am Punkt; ebene Kraftsysteme; Anwendung auf Balken, Fachwerke und Gemischtsysteme (auch die Einflußlinien werden in der neuen Auflage behandelt). Das letzte Drittel, also ein im Verhältnis zu anderen derartigen Lehrbüchern sehr großer Teil des Werkes, befaßt sich mit dem Gleichgewicht räumlicher Kräftesysteme und der Anwendung auf räumlich abgestützte Körper und Raumfachwerke, wobei die für den Anfänger schwierigen Probleme der Lagerung sowie die verschiedenen Methoden der Raumfachwerkberechnung, ein Spezialgebiet des Verfassers, mit besonderer Sorgfalt erörtert werden. — Überall werden sowohl die graphischen als auch die rechnerischen Lösungsverfahren vorgeführt, wodurch eine vielen anderen Lehrbüchern anhaftende Einseitigkeit vermieden ist.

Im Zusammenhang mit der mathematischen Form der Darstellung tritt wieder die Frage der Anwendung von Vektoren auf. Der Verfasser benützt zwar den Vektorbegriff, nicht aber die Vektorrechnung, ein Verfahren, das aus Gründen, die dem Physiker nicht ganz verständlich sind, bei Ingenieuren trotz der oft schwerfälligen Schreibweise immer noch Anklang findet.

Die günstige Aufnahme, die das Werk schon beim Erscheinen der ersten Auflage (1939) gefunden hat, berechtigt zu der Voraussage, daß es in der deutschen Literatur ein Standard-Lehrbuch seines Fachgebiets werden wird.

Hans Kauderer.

Eingegangen am 8. Dezember 1947.

Erwin Schrödinger, **What is Life,** The Physical Aspect of the Living Cell, University Press, 91 S. Preis 6s. Cambridge (1945).

Das Büchlein, das den Schöpfer der Wellenmechanik zum Verfasser hat, ist aus Vorlesungen entstanden, die für einen größeren Hörerkreis bestimmt waren, und bringt Betrachtungen eines Physikers zum Problem des Lebens. Es beginnt mit einer Erörterung über das Größenverhältnis zwischen den menschlichen Organen und den Atomen, mit der Frage, warum die Atome so klein oder umgekehrt, warum die Sinnesorgane im Verhältnis zu den Atomen so groß sind. Nachdem an einigen gut gewählten Beispielen der Begriff des statistischen Gesetzes klargelegt worden ist, wird gezeigt, daß die statistischen Gesetze, nach denen der Organismus auf seine Umwelt reagiert, nur dann Gültigkeit haben, wenn seine Sinnesorgane aus einer genügend großen Zahl von Atomen bzw. Molekülen aufgebaut sind. Es folgt dann eine Einführung in die Grundlagen der Vererbungslehre und die neueren Ergebnisse auf dem Gebiet der Mutationen. Vom Standpunkt des Physikers gesehen sind die Gene als Riesenmoleküle, als aperiodische Kristalle anzusehen, deren Permanenz durch „London-Heitler-Kräfte" gewährleistet und damit quantenmechanisch deutbar wird. Mutationen sind diskontinuierliche Veränderungen, Isomerisierungen an einem Teil dieser Riesenmoleküle, die in „Codeschrift" das zukünftige Gefüge des Organismus vorgezeichnet enthalten.

Ein weiteres Kapitel behandelt das thermodynamische Gleichgewicht und den Begriff der Entropie, um diesen dann auf den Lebensvorgang anzuwenden. Energetisch gesehen ist die Zelle ein System, das durch dauernde Aufnahme von Energie in Form von Nahrung dem thermodynamischen Gleichgewicht ausweicht. Es lebt von „negativer Entropie", es hält Ordnung aufrecht im Gegensatz zu unbelebten Systemen, in denen die Unordnung zunimmt. Diese Fähigkeit, Ordnung aus Geordnetem hervorgehen zu lassen und diese Ordnung dauernd aufrechtzuerhalten, unterscheidet die lebende Zelle in einzigartiger Weise von toten Stoffsystemen, bei denen aus atomarer oder molekularer Unordnung die Ordnung statistischer Gesetze hervorgeht. Die Tatsache, daß es für die physikalische Arbeitsweise der Zelle kein Modell gibt, daß sie sich nicht auf die bekannten physikalischen Gesetze zurückführen läßt, zwingt zu der Annahme, daß dem Funktionieren der Zelle noch unbekannte physikalische Gesetze zugrunde liegen. Oder handelt es sich um unphysikalische oder überphysikalische Gesetze? Diese Frage wird verneint. Einige Betrachtungen über die Gültigkeit des Prinzips „Ordnung aus Ordnung" bei mechanischen Systemen (Uhrwerken) beschließen den Band. Ein Epilog bringt Gedanken des Verfassers über Determinismus und Willensfreiheit, die in der Feststellung gipfeln: „Der einzig mögliche Schluß aus diesen beiden Tatsachen (der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, daß der menschliche Körper ein den Naturgesetzen unterworfener Mechanismus ist und das Bewußtsein eines freien Willens) ist: Ich in der weitesten Bedeutung des Wortes, das ist jedes bewußte Wesen, das jemals Ich gesagt oder gefühlt hat, bin derjenige, der die Bewegung der Atome gemäß den Naturgesetzen kontrolliert."

Der Untertitel „Der physikalische Aspekt der lebenden Zelle" entspricht dem Inhalt besser als die Frage „Was ist das Leben?". Denn um dieses Problem in seinem ganzen Umfange deutlich zu machen, bedarf es mehr noch als von physikalischer einer Betrachtung von chemischer und vor allem biologischer Seite. Daß sie hier fehlt, mag mancher bedauern, dem die Lektüre des glänzend geschriebenen Bändchens Belehrung und Anregung gegeben hat und der die Klarheit und Prägnanz bewundert, mit der der physikalische Aspekt des Problems herausgearbeitet ist.

Hans Brockmann.

Eingegangen am 11. November 1947.

Wood, Alan & Tom Barnard, **Ophthalmidium: A Study of Nomenclature, Variation, and Evolution in the Foraminifera.** — Quat. Journ. Geol. Soc., **102,** S. 77—113, 8 Textfig., Taf. IV—X, (London 1946).

Angeregt durch die Diskussion über die Gültigkeit des „Biogenetischen Grundgesetzes" (recapitulation) oder seiner Umkehrung, der Proterogenese, als Versuche, die Descedenzlehre zu erläutern, wird hier eine variationsstatistische Analyse eines phyletischen Ablaufes gegeben. Da nur die Paläontologie wirkliche Beweise für die Entscheidung dieser Fragen beibringen kann, wird eine eingehende Neubearbeitung der klassischen Fossilfundstelle Byfield aus der englischen Juraformation vorgenommen. Hierher erhielt Häusler (1887) seine Kleinforaminiferen (Milioliden), die ihn zu wichtigen phyletischen Folgerungen veranlaßten, die dann weiter von Rhumbler taxonomisch und von Schindewolf theoretisch ausgebaut wurden.

Zentimeterweise wurde den Lias-Tonen eine geschlossene Probenserie zum Schlämmen und Mikroskopieren entnommen, wodurch 2400 Milioloiden gesammelt werden konnten. Hiervon wurden etwa 2000 maßstäbliche Zeichnungen in gleicher 200facher Vergrößerung angefertigt, die dann in üblicher Weise verglichen, sortiert, gemessen und variationsstatistisch ausgewertet werden konnten. Als neue und grundsätzlich wichtige Ergebnisse sind hervorzuheben:

1. Ist es möglich, mikrosphärische und megalosphärische Formen festzulegen und deren Variationsbreite metrisch zu verfolgen.

2. Es erfolgt die Variation bei den Kleinforaminiferen nach denselben Gesetzen wie bei den übrigen Organismen.

3. Die Grenzen der Arten sind nach dieser Variabilitätsstudie leicht zu fassen.

4. Selbst die Variabilität der extremst fließenden Art divergiert nicht willkürlich.

In dem letzten Kapitel werden einige allgemeinere Folgerungen herausgestellt:

1. Wenn auch zweifellos andere paläontologische Arbeiten dafür sprechen, daß es Ausnahmen von der Biogenetischen Grundregel gibt, so muß hinfort dieser spezielle Beweis fortfallen.

2. Ganz im Gegenteil hat man zumindest bei einer der behandelten Arten den Eindruck, daß eine Evolution in Form einer Rekapitulation von Ahnenmerkmalen stattfindet.

3. Bei extrem großer Variationsbreite ist es zweckmäßig, einen weiten Artbegriff zu wählen und die verschiedenen Abweicher mit drittem, oder wenn nötig, auch noch viertem Namen zu belegen. Dieses ist eine notwendige Weiterentwicklung der Linneschen Binomik.

Ein Literaturverzeichnis, Diskussionsbemerkungen und 78 Fossilzeichnungen ergänzen den konzentrierten Text und die statistischen Darstellungen. Wie schon in den Diskussionsbemerkungen von Cox zum Ausdruck gebracht wurde, wäre es wünschenswert, diese wichtigen Ergebnisse an Material aus anderen Fundstellen zu erhärten und auszubauen. Ein wesentlicher Vorteil solcher Untersuchungen ist, daß die Gewinnung eines solchen hervorragenden Beweismaterials für phylogenetische Abläufe nicht umfangreiche Grabungen erforderlich macht, sondern in wenigen Tagen von einer Person vorgenommen werden kann. Unsere Arbeiten der letzten Jahre zeigen, daß die Milioliden keineswegs die einzigen Objekte für solche Untersuchungen darstellen, sondern in fast allen Formationen reiche Mikrofaunen vorhanden und leicht zugänglich sind.

Heinrich Hiltermann.

Eingegangen am 14. August 1947.

Anmerkung: Vergleiche Schindewolf in „Die Naturwissenschaften", Jg. 33, H. 8, S. 244—249.

Berichte.

Rheologie und Strukturmechanik.

Die Anforderungen des modernen Maschinenbaues und der Elektrotechnik haben die Entwicklung auf dem Gebiete der metallischen Werkstoffe und der organischen Kunststoffe in den letzten Jahren weitgehend gefördert. Damit parallel lief auch die Erforschung der spanlosen und der zerspanenden Verformungsvorgänge. Dieses neue Forschungsgebiet ist allmählich zu einer selbständigen Wissenschaft, der Fließkunde oder Rheologie, angewachsen.

Die Fließkunde befaßt sich zum Unterschied von der Strömungslehre vorwiegend mit solchen Fließ- und Reibungsvorgängen, bei denen der Koeffizient der inneren Reibung nicht konstant, sondern selbst wieder eine Funktion der Zeit und damit auch eine Funktion des Geschwindigkeitsgefälles ist. Die hierbei auftretenden Erscheinungen sind so komplex, daß es noch bis vor kurzem aussichtslos erschien, dieses Gebiet mathematisch durchdringen zu können.

Der erste Ansatz zu einer mathematischen Behandlung der zähelastischen Verformung stammt schon von J. Cl. Maxwell[1]). Es handelt sich hierbei um ein Fragment, das in der Folgezeit in seiner Bedeutung erkannt wurde. Die kurze Entwicklung verlief hierbei etwa in den gleichen Bahnen wie die der Hochfrequenztechnik.

Nach der Aufstellung des Relaxationstheorems*) begannen auch hier um die Jahrhundertwende die experimentellen Versuche zu seiner Prüfung. Wegen der unübersehbaren Mannigfaltigkeit der hier vorliegenden Phänomenologie einerseits und des noch fragmentarischen Charakters der Theorie andererseits, trugen diese Untersuchungen zunächst stark qualitatives Gepräge. Man war vor allem bestrebt, eine möglichst große Zahl von Modellsubstanzen zu finden, die ein abweichendes Verhalten von den idealen Gesetzen der Aero- und Hydrodynamik zeigten.

Das Verdienst des Kreises um Wo. Ostwald[2]) bestand in der Hauptsache darin, durch zahlreiche Versuche darauf hingewiesen zu haben, daß die Zahl der „Anomalien" weit größer ist als die Zahl der Regelmäßigkeiten, und daß die davon betroffenen Substanzen zum großen Teil als die Träger des Lebens angesehen werden können. Als solche wären sie dann nicht minder wichtig als die rein technischen Stoffe der Aero- und Hydrodynamik.

Einige Namen derer, die sich auf diesem Gebiete durch Aufstellung von Fließgesetzen[3]) verdient gemacht haben, mögen hier angeführt werden: Bingham, Bulkley, Buckingham, Eisenschitz, Herschel, Rabinowitsch, Reiner, Szegvary und Weißenberg.

Alle diese Autoren behandelten die Rheologie im wesentlichen als Kontinuumsmechanik, indem sie nach einem Formalismus strebten, der die Erscheinungen unabhängig vom Aufbau der Substanz mathematisch zu beschreiben vermag. Diskrepanzen bestanden vorwiegend über die damals noch primitive Versuchsmethodik, vor allem in bezug auf die Reproduzierbarkeit der Messungen. Insbesondere war nicht klar, ob Messungen auf dem Capillarviskosimeter ohne weiteres vergleichbar wären mit Messungen auf dem Couette-Apparat.

Ein markanter Punkt in der Entwicklung einer sauberen Versuchsmethodik waren daher die Experimente von W. Philipoff, der zeigen konnte, daß man auch Messungen von drei verschiedenen Viskosimetern zu einer stetigen sogenannten Fließkurve zusammensetzen kann, wenn man die Geschwindigkeitsgefälle gegen die Tangentialdrucke aufträgt. Durch eine Erweiterung des Meßbereiches über sechs Zehnerpotenzen hinaus war der Weg für eine einheitliche Durchforschung des Gebietes der Strukturviskosität gewiesen.

Diese sogenannten Fließkurven zeigten aber sehr bald, daß man mit einer einzigen Relaxationsdauer kaum auskommt. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die Änderung der Viskosität als Funktion des Geschwindigkeitsgradienten über zwei bis drei Zehnerpotenzen hinausreicht, wobei die Fließkurve an einer bestimmten Stelle eine Wendetangente aufweist. Diese kann als eine Häufungsstelle verschiedener Relaxationsmechanismen gedeutet werden. Insbesondere hat W. Kuhn[3]) wiederholt darauf hingewiesen, daß man bei polymolekularen Gemischen mit einem breiten Band, gegebenenfalls mit mehreren Bändern, solcher Relaxationszeiten rechnen müsse. So entwickelte sich der Begriff des Relaxationsspektrums.

Die neueren Arbeiten erstrecken sich im wesentlichen auf die Erforschung dieser Relaxationsspektren. Man hat Schwinggeräte gebaut, mit denen man über einen weiten Frequenzbereich Dämpfungsmessungen ausführen kann, und das Bestreben geht dahin, Apparaturen zu schaffen, mit denen man sowohl die

*) Unter dem Maxwellschen Relaxationstheorem versteht man die Differentialgleichung $dF/dt = E.\, ds/dt - F/\tau$, worin F Scherspannung, E Scherelastizität, t Scherdauer, s Scherung und τ Relaxationsdauer bedeuten

Präzision erhöhen, als auch den Meßbereich erweitern kann. Der Relaxationsspektrograph ist also das Ziel der künftigen Entwicklung auf diesem Gebiet.

B. Mrowca, H. Dart und E. Guth[4]) benutzen eine mittels Synchronmotor angetriebene Vorrichtung mit stroboskopischer Beleuchtung zur Untersuchung der zähelastischen Eigenschaften von Kautschuk. A. Covac und C. Leduc[5]) lassen einen Stab aus der zu untersuchenden Substanz im Vakuum schwingen und registrieren die Schwingungen optisch. Die Dämpfung der Schwingungen ist ein Maß für die innere Reibung. I. R. van Wazer und H. Goldberg[6]) benutzen einen Torsionsschwinger, um die Resonanzmaxima von Napalmlösungen (Aluminiumseifenlösungen) zu untersuchen. Viele Autoren rechnen mit elektromagnetischen Analogien, wobei sie einfach die klassischen Gleichungen der Elektrodynamik verwenden und

die Ladung der Verformung,
die Kapazität dem reziproken Schermodul,
die Induktion der schwingenden Masse,
den Widerstand der inneren Reibung,
das Potential der Schubkraft und
die Stromstärke der Schergeschwindigkeit

proportional setzen. Die meisten von ihnen benutzen mechanische Schwingmodelle, bei denen die Kraft durch eine Feder, die Masse durch ein Gewicht und der Widerstand durch einen Windkessel (Pumpraum) symbolisiert wird. Die Analogien dieser Modelle sind meist nur rohe Annäherungen an die Wirklichkeit, und die Ergebnisse der Theorien weichen mitunter erheblich von den experimentellen Tatsachen ab.

Eine solche auf Korrelationen aufgebaute Theorie hat auch Ch. Mack[7]) entwickelt. Er setzt das Produkt aus Viskosität und Streckgeschwindigkeit gleich der Differenz aus Scherspannung und Fließfestigkeit, wie es die Newtonsche Definitionsgleichung für den Binghamschen Körper mit Fließfestigkeit fordert. Es wird also von der Strukturviskosität (Fließverflüssigung) zunächst abgesehen. Dagegen werden schon mehrere Relaxationsmechanismen eingeführt, deren Summe die beobachteten Erscheinungen erklären soll. Er betrachtet also Kriechvorgänge in Systemen, bei denen die Spannung mit der Streckgeschwindigkeit linear verläuft. Dieses Kriechen ist charakterisiert durch eine Zunahme der Streckspannung mit der Zeit (Zeithärtung „Time Hardening"). Man nennt diese Erscheinung auch Wirkhärtung (Work Hardening) oder Streckhärtung (Strain Hardening). Die Thixotropie wird als eine Art Wirk-Erweichung (Work Softening) angesehen. In einer dritten Arbeit wird auch noch die elastische Nachwirkung (Elastic After Effect) behandelt. Es wurden dabei Metalle, Erden, Nahrungsmittel, Kunststoffe, Faserstoffe, Papierblätter, Gummi und Asphaltbitumina untersucht.

Eine zweite wichtige Arbeit ist die von B. Gross[8]), der die Verteilungsfunktion der Relaxationsmechanismen bei Kriechvorgängen betrachtet. Der mathematische Aufwand ist hier bereits erheblich. Es wird die Streckverzögerung (Strain Retardation) und die Spannungsrelaxation (Stress Relaxation) behandelt.

Es wird sowohl das Voigt-Modell (Feder mit Dämpfungszylinder parallel) als auch das Maxwellsche Modell (Feder mit Dämpfungszylinder in Serie) betrachtet.

Die Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund läßt, in Anbetracht der notwendigen Vereinfachungen, noch einiges zu wünschen übrig.

Phänomenologisch interessant ist auch noch eine Arbeit von H. Seifert[9]) über einseitiges Gleitvermögen an Kristallen. Danach läßt sich ein Kaliumchloratkristall im jungfräulichen Zustande leicht nach einer Richtung verformen, während er bei Durchbiegung nach der entgegengesetzten Richtung geradezu explosionsartig zerspringt.

Eine wichtige Ergänzung bedeutet auch noch die Arbeit von Y. Conseiller[10]) über Bewegungsvorgänge an dünnen Flüssigkeitsschichten. Danach können auch Lösungen von Celluloseestern, Polyvinylaceaten und Polystyrolen, zwischen dünnen Plättchen unter dem Mikroskop mit einer äußerst geringen Geschwindigkeit (von 10^{-2} bis 10^{-5} C. G. S.) bewegt, eine Fließverfestigung zeigen. Dieser, der Strukturviskosität (Fließverflüssigung) entgegengesetzte Effekt, ist als Rheopexie bekannt und stellt eine Parallele zur Streckhärtung bei Metallen dar.

Damit ist gezeigt, daß dünne Flüssigkeiten die typischen Eigenschaften der Metallverformung zeigen können, wenn man sie nur ihrer subtilen Struktur entsprechend schonend behandelt. Wichtig ist also vor allem, daß beide Effekte (Rheopexie und Strukturviskosität) bei der gleichen Substanz möglich sind.

Auch der von Simon und Neth näher untersuchte Filtereffekt (Verstopfung nichtquellbarer Feinfilter durch reinste molekulardisperse Flüssigkeiten) kann als Rheopexie gedeutet werden[11]).

Alle diese Arbeiten sind dadurch charakterisiert, daß die Stoffe noch unter Normaldruck verformt werden. Die Bedeutung dieser Arbeiten ist daher vor allem eine biologisch medizinische.

Einen ganz anderen Weg hat man durch Erweiterung der Versuchsbedingungen bis zu extrem hohen statischen Drucken beschritten. Hierbei wurden vorwiegend technologisch und geologisch wichtige Substanzen untersucht. Da diese Arbeiten mit einem erheblichen Aufwand an zum Teil sehr kostspieligen experimentellen Hilfsmitteln durchgeführt wurden, war hier der größere Erfolg den amerikanischen Forschungsstätten beschieden.

P. W. Bridgeman[12]) ist es gelungen, Metalle und Gläser unter statischen Drucken bis zu 30000 atü und darüber zu verformen und die hierbei auftretenden Erscheinungen zu beobachten. Diese Technik setzt Pumpen aus besonders harten Metallen, wie z. B. zementierten Wolfram-(Carbiden) (Carboloy) voraus. Dieser Stoff zeigt auch bei den höchsten statischen Drucken noch keine Plastizität, sondern verhält sich wie ein fester Körper. Stahl und Eisen werden unter diesen Bedingungen duktiler und lassen sich stärker dehnen als bei Normaldruck, ohne zu brechen. Phosphorbronze und Beryllium verlieren ihre Sprödigkeit unter hohen statischen Drucken. Flüssigkeiten, insbesondere organische mit sperrigem Molekülbau, erhöhen ihre Viskosität um viele Zehnerpotenzen bis zu 10^7. Letztere werden glasartig bei Drucken über 12000 atü. Während Hg seine Viskosität nur um 20% ändert und Wasser seine Viskosität verdoppelt, zeigt Methanol schon die vierfache Viskosität. Glyzerin kann so zäh wie Honig werden, und Iso-Eugenol bereits die Zähigkeit von Pech annehmen.

Ein unter statischem Hochdruck vorgerecktes Material erweist sich dann bei Normaldruck steifer als ein Material gleicher geometrischer Konfiguration, aber im jungfräulichen Zustande. Diesen Vorgang nennt man Streckhärtung. Kautschuk kann unter hohem statischen Druck so spröde werden, daß er bricht. Pfeiffenton (Pipe-Stone) bleibt spröde unter höchsten Drucken, dagegen verlängert sich ein Kochsalzkristall plastisch, ohne Störung seiner optischen Homogenität.

Metalle können sich bei Drucken über 20000 atü wie hochelastische Substanzen (Kautschuk) verhalten. Sie zeigen eine mit steigender Dehnung immer steiler anwachsende Spannung, sie versteifen sich also beim Recken. Es konnte gezeigt werden, daß es nur bei Formänderungen Hysteresiserscheinungen gibt, nicht aber auch bei Volumänderungen. Die letzteren sind ohne Nachwirkung.

Durch diese Versuche wurde gezeigt, daß sich auch feste Körper bei extremen statischen Drucken wie plastische Massen verhalten können und zu rheonomen Systemen werden. Andererseits können tropfbare Flüssigkeiten so zäh werden wie halbfeste Massen, und kautschukartige Körper können spröde werden wie keramische Massen. Man fand also bei diesen Bedingungen die ganzen Anomalien wieder, wie sie bei Kolloiden unter wesentlich einfacheren experimentellen Bedingungen bereits erforscht waren.

Damit ist der Beweis erbracht, daß die Eigenschaften rhenonomer Systeme keineswegs Ausnahmen spezieller chemischer Verbindungen sind, sondern ganz allgemeine Eigenschaften der Materie darstellen, die prinzipiell an jeder Substanz beobachtbar sind, wenn man sie nur in einem genügend weiten Bereich geeigneter Versuchsbedingungen beobachtet.

Rheopexie bei Kolloiden entspricht der Streckhärtung bei Metallen;

Strukturviskosität bei Kolloiden entspricht der Wirkerweichung bei Metallen;

Thixotropie bei Kolloiden entspricht der Zeiterweichung bei Metallen;

Kriechen bei Kolloiden entspricht der Zeithärtung bei Metallen.

Es sind jeweils die gleichen Erscheinungen, nur daß sie an verschiedenen Substanzen bzw. unter verschiedenen Versuchsbedingungen beobachtet werden. Diese Arbeiten sind insbesondere für die innere Ballistik und Seismik von Bedeutung.

Welche Beachtung man heute diesen Arbeiten insbesondere im Ausland schenkt, geht schon aus der Tatsache hervor, daß der vorjährige Nobelpreis für Physik P. W. Bridgeman verliehen wurde. Damit ist zugleich die Führung auf diesem Gebiete auf den angelsächsischen Kulturkreis übergegangen. Es gibt heute „Rheologische Gesellschaften“ [13]), die sich ausschließlich diesem für die Rohstoffmonopolwirtschaft dieser Staaten wichtigen Arbeitsgebiet widmen. Analog den „Radio-Klubs“ sollen sie die private Initiative mobilisieren, so wie seiner Zeit die für den Nachrichtendienst so wichtige Entwicklung der Hochfrequenztechnik durch Amateure gefördert wurde.

Auch die Mittel, die heute für diese Zwecke bereitgestellt werden, sind erheblich. In den Zeitschriften der angewandten Physik befaßt sich heute ein großer Teil der Forschungsarbeiten mit rheologischen Fragen; es werden sogar spezielle Zeitschriften für Rheologie unterhalten[14a]).

Durch den gehemmten Gedankenaustausch der letzten Jahre verlief die Entwicklung, bedingt durch die verschiedene Eigenart der Völker, entsprechend divergent. Während man drüben vorwiegend Zweckforschung betrieb, war man hierzulande bemüht, die theoretischen Grundlagen der Rheologie zu erweitern und insbesondere die Maxwellschen Relaxationsgleichungen zu verallgemeinern.

Man ist auch hierbei erst zufrieden, wenn man nicht nur einen Formalismus geschaffen hat, der die Kontinuumseigenschaften der Materie mathematisch zu beschreiben vermag, sondern wenn auch die Natur der skleronomen Strukturelemente erkannt ist, die diese rheonomen Systeme aufbauen.

Die Schwierigkeiten, die sich einem solchen Programm entgegenstellen, sind prinzipieller Natur und haben sogar zur Revision der Newton'schen Zeitskala geführt[14b]). Sie liegen einmal in der Kompliziertheit der Strukturelemente begründet, für die man keine genaue Konfiguration angeben kann (es ist zu bedenken, daß allein schon einige Trillionen Eiweißmoleküle theoretisch möglich sind). Zum anderen Mal darin, daß die skleronomen Strukturelemente bereits so groß sind, daß man sie unter keinen Umständen mehr gegen die Dimensionen der Versuchsanordnung (Capillare oder Couette-Apparat) vernachlässigen darf.

Das bedeutet, daß die Infinitesimalrechnung wenn überhaupt, dann nur mit Vorbehalt anwendbar ist.

Einen Ausweg findet man schließlich in der Schaffung der Extremalrechnung[15]). Danach muß man zwischen beliebig kleinen Differentialwerten und bedingt kleinen Extremalwerten unterscheiden. Letztere sind Größen, die zwar sehr klein sind, aber einen bestimmten, durch die Größe der Strukturelemente bedingten endlichen unteren Grenzwert nicht unterschreiten können. Solche Werte können als Integrationsvariable gegenüber einem beliebig kleinen Differentialwert angesehen werden.

Ebenso muß man zwischen den beliebig wenig schwankenden physikalischen Konstanten und den bedingt veränderlichen Zustandsvariablen unterscheiden. Letztere können ebenso wie eine physikalische Konstante stoff-charakteristisch sein, wenn die Variationsbreite der verschiedenen Stoffe untereinander so groß ist, daß ihre wahrscheinlichsten Werte sich nicht überlappen. Auch diese stoffspezifische Zustandsvariable kann als Integrationsvariable gegenüber einem beliebig kleinen Differentialwert angesehen werden. Wesentlich ist, daß diese Schwankungen nicht durch Versuchsfehler bedingt sind, sondern von der polymolekularen Zusammensetzung dieser rheonomen Systeme herrühren. Sie sind also nicht akzidenteller Natur, sondern strukturell bedingt.

Es hat sich nun herausgestellt, daß die Änderungen einer physikalischen Größe nach der Zeit (eine sogenannte Rate) als ein echter Differentialquotient angesehen werden darf, da die zeitlichen Veränderungen in rheonomen Systemen beliebig langsam und stetig verlaufen. Dagegen müssen die Änderungen der gleichen physikalischen Eigenschaften nach einer bestimmten Raumrichtung (die sogenannten Gradienten oder Gefälle) als Extremalquotienten betrachtet werden. Eine beliebige Unterteilung der rheonomen Systeme ist ohne bauliche Veränderung ihrer skleronomen Strukturelemente nicht denkbar. (Man kann z. B. nicht von der Viskosität einer molekular dünnen Flüssigkeitslamelle sprechen, da dies eine Verschiebung der Atome im Molekülverband voraussetzen würde, was bereits einer chemischen Zersetzung gleichkäme.)

Durch diese neuen Begriffsbestimmungen gelingt es dann, Strukturgrößen in die Rechnung hineinzutragen, die durch keinerlei hypothetische Momente vorbelastet sind, als durch die unbedingt sicher zu treffenden Postulate:

der begrenzten Teilbarkeit der Materie und
der stoffspezifischen Kornverteilung der Substanz.

Diese können dann aus dem makroskopischen Verhalten der rheonomen Systeme hergeleitet werden, oder man kann bei Kenntnis ihrer skleronomen Strukturelemente das zähelastische und plastische Verhalten der Stoffe herleiten.

Es ist auf diese Weise aus dem Raumdiagramm der einfachen Maxwell-Gleichung gelungen, die Strukturviskosität und Thixotropie herzuleiten, das Scherspannungsdiagramm[15a]) des Kautschuks, der Metalle und der Spinnstoffe auf das Raumdiagramm der verallgemeinerten Maxwell-Gleichung zurückzuführen. Man konnte auf die gleiche Weise auch die zähelastischen Hysteresisschleifen spröder Gläser, plastischer Massen und hochelastischer Kautschuke ableiten und schließlich die Kriechvorgänge bei Metallen graphisch aus dem Raumdiagramm rekonstruieren.

Diese Verknüpfung der mechanischen Eigenschaften der Materie mit ihrer übermolekularen Struktur ist Gegenstand der Strukturmechanik[15b]). Sie unterscheidet sich von der Rheologie dadurch, daß sie sich nicht begnügt mit der formalen mathematischen Beschreibung des Verhaltens der als Kontinua behandelten rheonomen Systeme, sondern auch die korpuskulare Struktur der Materie mit in ihre Rechnungen einbezieht.

Diese Betrachtungsweise ist wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung nicht nur auf Kolloide beschränkt, sondern kann stets da angewandt werden, wo die gleiche Problematik von Feld und Korn vorliegt.

Das ist der Fall auch bei kristallisierten Festkörpern, wo durch ihre regellos zerklüftete Textur die gleiche Frage nach der endlichen Größe ihrer Strukturelemente und ihrer stoffspezifischen Kornverteilung aufgeworfen wird.

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie, Berlin-Dahlem.

H. Umstätter.

Eingegangen am 18. November 1947.

---

[1]) J. Cl. Maxwell, Phil. Mag. 133 (1868).
[2]) W. Philipoff, Viskosität der Kolloide, Dresden (1942).
[3]) W. Kuhn, Z. f. Phys. Chem. Abt. B, 42. 1 (1939) u. a.

[4]) B. Mrowca, S. Leonhard, Dart und E. Guth, Phys. Rev 66 (2) 30. 32. 1/15. 7 (1947), Phys. Rev. 66 (2) 32. 1/15. 7. (1947).
[5]) A. Covac, und C. Leduc, Ind. Plastique, 2. 164—167, Juni (1947).
[6]) J. R. van Wazer und H. Goldberg, J. appl. Phys. 18. 207—221 (1947).
[7]) Ch. Mack, J. appl. Phys. 17. 1086—1092. Dez. (1946), J. appl. Phys. 17, 1093—1100, Dez. (1946), J. appl. Phys. 17, 1101—1107, Dez. (1946).
[8]) B. Gross, J. appl. Phys. 18, 212—221, Febr. (1947).
[9]) H. Seifert, Z. f. Phys. 124, 144—153, 4/5. (1947).
[10]) Y. Conseiller, C. R. Hebd. Séannes. Acad. Sci. 224, 828 bis 829, 17./3. (1947).
[11]) Unveröffentlichte Arbeit von H. Umstätter, H. Flaschka und H. Voelker.
[12]) P. W. Bridgeman, J. appl. Phys. 18, 246—258, Febr. (1947).
[13]) Society of Rheologie R. B. Secretary Treasurer Bureau of Ordnance Washington 25. D. C.
[14]) a) Rheologie Bulletins, Journal of Applied Physics, The Review of Scient. Instr., b) G. W. S. Blair, B. C. Veinoglou, J. E. Gaffyn, Proc. of the Goy, Soc. No. 1016. (1947) Vol. 1189. Pag. 69.
[15]) H. Umstätter, a) Koll. Z. Bd. 107, H. 2, S. 81 (1947), b) „Strukturmechanik". Ein Beitrag zur Physik der Kolloide. Dresden (1948).

Südafrikas Primatenfunde.

Die in Friedenszeiten geradezu alljährlich auf uns einströmenden großartigen Neufunde zur Klärung des Werdeganges der höheren Primaten und des Menschengeschlechts haben Wort und Begriff eines „missing link" längst selbst zum Fossil werden lassen. Eine stattliche Zahl von Brückenpfeilern steht uns nachgerade zur Verfügung. Bedeutsam ist aber daneben die Möglichkeit, wahre Bindeglieder und andersartige Zwischen- oder Mischtypen unterscheiden zu können. Daß der Neandertaler ein echter Mensch in reichster Abwandlung ist, aber mindestens in der europäischen Ausprägung nicht zur heutigen Art der Gattung homo überleitet, darf als ziemlich allgemeine Erkenntnis hingestellt werden.

Ebenso gibt es, wie in aller Stammesgeschichte, Lebenserscheinungen, die nicht zur Gattung homo weiterführen und dennoch deren Wesenszüge schon weit stärker vorwegnehmen als etwa die heute lebenden Menschenaffen. Aufkommen und immer neue Mischung menschlich anmutender Merkmale lag im Zuge der ewig wandelbaren Entfaltung auch da, wo keine „vollendende" Fortsetzung vergönnt war. Nicht dünne Stammbaumlinien, sondern buschige Verästelung und breite Stromlinien mit vielen Strudelungen verbinden und trennen die Lebenstypen.

Außerhalb des heutigen Bereiches der afrikanischen Menschenaffen gelegen, hat Südafrika in jüngerer Zeit einiges Überraschende an Funden beigetragen. Die Variationsbreite ist groß genug, um an drei Stellen drei verschiedene Gattungen einstweilen noch trennen zu können oder zu müssen. Es bestand aber bereits die Einsicht, daß jene Wesen zum Kreise unserer heutigen Schimpansen zu stellen seien. Diesen dem Menschen unbedingt am nächsten stehenden Typ hatte ja Linné geradezu in die Gattung homo mit aufgenommen! Nun zeigt sich, daß in der Vergangenheit dazu noch weit stärkerer Anlaß gefunden werden könnte. Gleichwohl wird die Folgerung nicht mehr gezogen, sondern wir sehen nur, wie erstaunlich weit die Menschenähnlichkeit hat getrieben werden können, ohne daß die Entwicklung doch in den eigentlichen Menschen münden mußte. Es blieb bei einer „Vorahnung" in blind endigenden Zweigen.

Der Haupterforscher R Broom hat nun während der jüngsten Kriegsläufte dem ganzen Komplex eine monographische Behandlung gewidmet; auf sie ist auch in Deutschland die Aufmerksamkeit sehr nachdrücklich hinzulenken:

R. Broom und G W. H Schepers: The South-African Fossi Ape-Men, The Australopithecidae (Transv. Mus. Mem. No. 2, Pretoria 1946).

Teil I Broom: Occurence and General Structure, S. 1—153.

Teil II Schepers: Endocranial casts, S. 167—272 mit Vorwort von General Smuts.

Der zweite Teil zeigt, bis zu welchem Grade von Feinheiten selbst das Studium des Gehirns an fossilen Lebewesen getrieben werden kann. Im ersten Teile werden nun erwünschteste ausführliche Angaben über Fundumstände, Begleitfauna und Anatomie geboten. Hier sei nur Bemerkenswertestes hervorgehoben:

Gefunden wurden in Hohlräumen von Kalkgesteinen:

Australopithecus in Taungs, Betschuanaland	1924
Plesianthropus in Sterkfontein, Transvaal	1936
Paranthropus in Kromdraai, Transvaal	1938

Kjökenmöddinger-artige Knochenhäufungen im ersteren Falle drängen zu der Auffassung, dieser Schimpansen-Verwandte sei gar schon ein Fleischfresser, also Jäger gewesen; nach der Lagerung muß es sich um einen Höhlenbewohner gehandelt haben, wodurch ganz entgegen der Lebensweise der heutigen Menschenaffen der Urwälder Linné's Artname homo troglodytes eine ganz eigenartig anmutende Berechtigung erfährt. Der Skelettbefund weist gar auf zweifüßige Gangart hin, wie sie ein Steppengebiet leicht erzwingen konnte. Die Gesamtbeurteilung einschließlich des Gehirnstudiums aber führt Broom endlich zu der Voraussetzung gewisser Anfänge eines Sprachvermögens jener Formen!

Zweifüßigkeit zusammen mit besonders menschlicher Zehen- bzw. Fingerbildung wird auch bei Paranthropus („Neben-Mensch") herausgestellt. Als Hirnhöhlen-Inhalte finden sich angegeben:

Plesianthropus 450—600, Australopithecus bis 600, Paranthropus 650 cm³. Vergleichsweise seien angeführt Pithecanthropus ♀ etwa 750, ♂ bis 950 cm³. Gorilla bis 685 cm³!

Von höchster Bedeutung im Zusammenhange auch hiermit ist stets die Klärung der Altersfrage. Sie ist unter den gegebenen Umständen auch vergleichsweise bei den großen Entfernungen zwischen den Fundstätten nicht leicht und gewiß heute noch nicht befriedigend durchführbar. Ganz neue und neuartige Argumente konnten aber auch dazu inzwischen beigebracht werden und haben noch während der Drucklegung 1945 die Grundlagen der Beurteilung abgewandelt und gefestigt. Unter den begleitenden Säugerresten findet sich bei Plesianthropus in Sterkfontein ein Säbeltiger, der statt der ersten Bezeichnung Machairodus transvali zwar den neuen Namen Megantheron barlowi erhielt, dennoch in der Alten Welt als Typ das Pliocaen zu kennzeichnen pflegt und selbst in Afrika sich nicht gar zu lange als Relikt ins Pleistocain hinein gehalten haben kann. Nun kam gar als letzte Überraschung noch die Hyaenengattung Lycyaena hinzu, die aus Europa und Indien bislang nur als dem Unter-Pliocaen angehörig bekannt ist und nicht allzuviel später noch in Afrika überlebt haben kann. So mag die Altersfestsetzung der früheren Vertreter der südafrikanischen Menschenaffen bis an die Wende von Mittel-Pliocaen zum Unteren Ober-Pliocaen heraufzurücken sein. Nach geologischen Anhaltspunkten möchte Broom Taungs für etwas älter als Sterkfontein ansehen. In Kromdraai liegen nur Zeugnisse für ein pleistocaenes Alter vor, was mit der Erscheinungswelt des Paranthropus übereinstimmt. Aus der Begleitfauna seien genannt:

von *Sterkfontein:* Lycyaena, Megantheron, Procavia, Antilope (Bubalis), Goldmull, Parapapio (kein Elephas und Rhinoceros);

von *Taungs:* Parapapio neben Nagern, Hystricomorphen, Antilopen;

von *Kromdraai:* Hyaene (Crocuta), Schakal, Fuchs, Wildhund, Parapapio, 2 Equus-Formen (Zebra) Hartebeest, Cervicapra, Proeavia (kein Säbeltiger und Schwein).

Über Broom's Meinung, eine Familie Hominidae hätte sich schon im Eocaen abgesondert, ist wohl, wie über den Gesamtbefund, lebhaft weiter zu diskutieren, wobei Begriffsbestimmung solcher systematischen Kennzeichnungen eine beträchtliche Rolle spielen muß. Man darf dem eifrigen verdienten Forscher in aller Welt aufrichtig danken und ihn beglückwünschen.

Edwin Hennig.

Eingegangen am 22. November 1947.

Seifert-Tetralux
der bekannte
Halbwellen-Diagnostik-Röntgenapparat
Wir empfehlen uns für die Instandsetzung von Röntgen- u. elektromed. Apparaten aller Fabrikate
Rich. Seifert & Co.
Röntgenwerk · Hamburg 13

Elektrotechnische Erzeugnisse
Wobser & Rödel
Frankfurt/Main-Unterliederbach, Roggengasse 2
Herstellung von **SPEZIALHEIZGERÄTEN**
für bakteriologische und biologische Institute, Photolaboratorien - Tankwärmer usw. Bienenzucht sowie Aquaristik

HOLSTEINISCHE WERTARBEIT
Mikro-Präparate
Präzisions-Spiegel
Glasteilungen
Optische Instrumente
J.D. MÜLLER G.m.b.H., WEDEL i. HOLST.

Ingenieure, Baumeister einer besseren Welt.
Die Rolle von Ingenieuren und Technik im Leben der Völker. Von Friedrich Münzinger
Dritte, stark vermehrte und umgearbeitete Auflage. Mit 17 Abbildungen. 263 Seiten. 1947. RM 6.60
SPRINGER-VERLAG · Berlin · Göttingen · Heidelberg

REFERATEBLÄTTER DES SPRINGER-VERLAGES

Die Zentralblatt-Organisation des Springer-Verlages ist nach Schaffung der notwendigen Voraussetzungen neu aufgebaut worden.

Es ist geplant, die Referateblätter nach und nach wieder herauszubringen. Sie werden zunächst monatlich über die einschlägige Weltliteratur ab Januar 1947 so umfassend und zuverlässig wie früher berichten.

Die Referateblätter erscheinen wie früher in Bänden von etwa 50 Bogen zum Preise von etwa RM 68.— pro Band
Die Zahl der Bände richtet sich nach der anfallenden Jahresliteratur

	Voraussichtliche jährliche Bandzahl
Im Frühjahr 1948 erscheinen:	
Berichte über die gesamte Biologie	
Abteilung A: Berichte über die wissenschaftliche Biologie	2—3
Abteilung B: Berichte über die gesamte Physiologie und experimentelle Pharmakologie	2—3
Berichte über die gesamte morphologische Pathologie	2—3
Kongreßzentralblatt für die gesamte innere Medizin und ihre Grenzgebiete	2—3
In Vorbereitung sind folgende Referateblätter:	
Zentralorgan für die gesamte Chirurgie und ihre Grenzgebiete	2
Zentralblatt für die gesamte Neurologie und Psychiatrie	2
Zentralblatt für die gesamte Ophthalmologie und ihre Grenzgebiete	1
Zentralblatt für Haut- und Geschlechtskrankheiten sowie deren Grenzgebiete	2
Zentralblatt für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde sowie deren Grenzgebiete	1
Zentralblatt für die gesamte Kinderheilkunde	1
Zentralblatt für die gesamte Tuberkuloseforschung	1
Berichte über die gesamte Gynäkologie und Geburtshilfe sowie deren Grenzgebiete	1
Zentralblatt für die gesamte Hygiene mit Einschluß der Bakteriologie und Immunitätslehre	2
Zentralblatt für die gesamte Radiologie	2

Außerdem befindet sich in Vorbereitung: Zentralblatt für Mathematik. Jährlich etwa 1—2 Bände.

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

VOLLMER
AKUSTIK
der neue Radio

Lautsprecher
von besonderer Güte in Klangfülle und Tonschönheit!

TECHN. PHYS.-WERKSTÄTTEN
EBERHARD VOLLMER
ESSLINGEN a.N.-METTINGEN

PLANTA
ARCHIV FÜR WISSENSCHAFTLICHE BOTANIK

Unter Mitwirkung von E. Bünning, Tübingen
A. Ernst, Zürich
H. v. Guttenberg, Rostock
W. Schumacher, Bonn
G. Tischler, Kiel

Herausgegeben von Wilhelm Ruhland und
Otto Renner

Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge in einzeln berechneten Heften; mit 40 bis 50 Bogen wird ein Band abgeschlossen.

Vor kurzem erschien:

35. Band, 1./2. Heft. (Abgeschlossen am 29. April 1947). Mit 59 Textabbildungen. 256 Seiten. 1947. RM 34.—

SPRINGER-VERLAG
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DRÄGER

Atem-schutz
gegen
alle schädlichen
Gase

hochentwickelt
betriebssicher
bewährt

DRÄGERWERK LÜBECK
ZWEIGNIEDERLASSUNGEN
Essen-Ruhr, Hamburg, Hannover, Kiel, Stuttgart, Ansbach

101

Veröffentlicht unter Zulassungs-Nr. 48 der Britischen Militärregierung. - Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Arnold Eucken, Göttingen, Bürgerstraße 50 - Für den Anzeigenteil verantwortlich: Hans-Georg Halfter, Stahnsdorf b. Berlin, Meisenweg 33. - Druck: A. Bagel, Düsseldorf. - Springer-Verlag, Berlin und Göttingen. - Printed in Germany.